UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TEKTONIK

DER

EBENE VON BULLE

VON

Dr. Arthur Felix Engelke

1907

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TEKTONIK

DER

EBENE VON BULLE

Inaugural-Dissertation

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Arthur Felix Engelke

aus Zwickau in Sachsen.

Freiburg (Schweiz)

Buchdruckerei Gebrüder Fragnière

—

1907

Sonderabdruck

aus den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg (Schweiz). Geologie und Geographie, Band IV, Heft 3. 1907.

Vorliegende Arbeit wurde während der Zeit vom Juli 1903 bis zum Mai 1905 an der Universität Freiburg in der Schweiz auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. R. de Girard ausgeführt.

Es sei mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer auch an dieser Stelle für die Anregung zu dieser Arbeit, für seine jederzeit bereitwillige Unterstützung während der Ausführung derselben, sowie für das mir, während meiner Studienzeit an der Universität in so hohem Maße bewiesene Interesse und Wohlwollen meinen innigsten und herzlichsten Dank auszusprechen.

Die photographischen Figuren Nr. 11, 17, 18, 19, 20, 23 und 24 befinden sich am Schlusse des Werkes, auf Separatbögen vereinigt.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545315_0067

Meinem lieben Vater

und

dem Andenken meiner teueren Mutter

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

DIE

EBENE VON BULLE

I. Kapitel.

Topographische Beschreibung.

Die Ebene, oder besser gesagt die Niederung von Bulle bildet eine auffallende und geologisch wichtige Unterbrechung in der alpinen Randzone; ihre Deutung ist aber sehr schwer und wohl deswegen von den Forschern, die sich mit den benachbarten Gebirgszügen beschäftigten, bisher übergangen worden. Sie erstreckt sich ungefähr von dem 46° 30' bis zum 46° 45' nördlicher Breite und vom 7° bis zum 7° 20' östlicher Länge von Greenwich. Vom geographischen Standpunkte aus kann man dieses Gebiet nur im beschränkten Sinne als eine Ebene bezeichnen, da nur gewisse Teile davon den Anforderungen entsprechen, die man an eine solche stellt. Um so eher aber muß man es geologisch als eine wahre Niederung bezeichnen, da es nach drei Seiten hin von Gebirgsketten begrenzt wird, die an der Kontactzone mehr oder weniger steil emporragen. Im Nord-Osten ist es der Anfang der Berrakette, speziell das Massiv des Montsalvens, das oberhalb Villarbeney und Botterens ziemlich steil nach der Ebene abfällt, im Süden das Massiv der Dents de Broc und die nördlichen Ausläufer der Lys-Kette, im Südwesten das Massiv des Moléson und dasjenige des Niremont (Alpettes), gegen Nord-Osten endlich die letzten Abhänge des Gibloux, welche mit den Hügeln bei Morlon den nördlichen Abschluß bilden.

Die Niederung wird in süd-nördlicher Richtung von der Saane beflossen, welche oberhalb Broc die Jogne und sodann von Westen her die Trême aufnimmt. Letzterer Fluß tritt unterhalb La-Part-Dieu aus einem engen Bergtale in die Ebene hinaus. Bis Saucens fließt die Trême nach Nord-Osten, von dort an biegt sie nach Osten bis les Auges, um hier abermals umzuwenden und in fast gerader südöstlicher Richtung weiterzufließen bis Crêt Vudy. Beim Durchfliessen dieser Niederung bringt die Trême einige Ausbisse zu Tage, die das Studium der sonst wenig aufgeschlossenen Ebene zusammen mit den Felsen von la Tour und einigen andern Ausbissen, die durch die Saane gebildet wurden, ermöglichen. Nach Norden zu verläuft die Ebene ganz allmählich, indem sie an glacialen Hügeln und dem Zuge der Vaulruz Molasse aufhört. Die bereits erwähnte von Osten zufliessende Jogne oder Jaunbach liefert ebenfalls durch das Einschneiden ihres Flußbettes kurz nach Eintritt in die Niederung ein Zutagestreichen der Schichten, welches für die im Kapitel III zu behandelnden Anschlüsse an das Massiv des Montsalvens resp. der Berrakette von Wichtigkeit ist.

Was nun die plastische Gestaltung der Gegend anbetrifft, so ist vor allem der Gegensatz prägnant zwischen der allgemeinen sanft welligen und mit Wiesen bedeckten Oberfläche der Niederung, und einigen vollständig bewaldeten (z. B. Bouleyres, Sautaux) oder felsigen (La Tour) Anhöhen, welche aus der flachen Gesamtheit isoliert emporragen. Der Grund für diese augenspringend dualistische Plastik liegt eben in dem tektonischen Baue dieses sonderbaren Gebietes.

II. Kapitel.

Die Felsen und andere Ausbisse in der Ebene.

Wie bereits im Kapitel I erwähnt wurde, liefert die Trême durch das Einschneiden ihres Flußlaufes einige Ausbisse, die für das Studium der Ebene von großer Wichtigkeit sind.

1. An der Brücke, die auf der Straße Bulle-La Tour über die Trême führt, sieht man auf beiden Seiten Schichten zu Tage streichen, die besonders auf der linken Seite, also

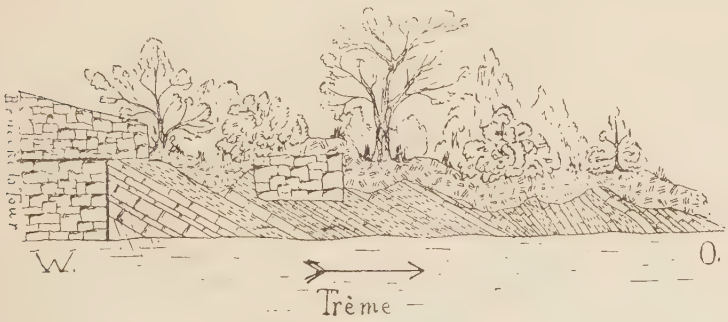

Fig. 1. Profil durch die Klausschichten am linken Ufer der Trême (Trême-Brücke).

thalabwärts, trotzdem sie zum größten Teil durch die Vegetation bedeckt sind, doch noch deutlich zu erkennen und mit Sicherheit bestimmbar sind. Es sind dies die untersten Schichten des mittleren braunen Juras, auch Bathonien, oder nach Herrn von Hauer, Klausschichten genannt. Vorwiegend sind es sandige Kalkschichten von 2 -60 cm. Mächtigkeit, mit streckenweise zwischenlagernden dünnplattigen bläulichen Mergeln (Siehe Fig. 1). Der Kalkstein ist ziemlich hart, an der Bruchfläche weißlich, was von dem großen Reichtum an

beigemengten Quarzkörnern herrührt, während er sonst aber an der Oberfläche durch den Einfluß der Atmosphäre blaugrau bis rötlichgelb gefärbt wird. Besonders betonen will ich noch, daß sich auch stellenweise, ebenfalls an der Bruchfläche, kleine Glimmerblättchen vorfinden, sodaß daraus eine Schlußfolgerung über den Ursprung des Materials gezogen werden kann. Herr Prof. Sarasin sagt in seinen « Studien über den Flysch », daß Gesteine dieser Art resp. das Material zur Bildung derselben unbedingt als aus den Alpen stammend, angenommen werden muß. Ist dieser Kalkstein längere Zeit hindurch dem Einflusse der Luft ausgesetzt, so verliert er seine Härte und neigt dahin, in dünnen Schichten abzublättern. Von charakteristischer Eigentümlichkeit, wodurch auch ihre Klassifikation leicht zu bewirken ist, sind die, jedenfalls durch ein Eisenoxyd, braunrot gefärbten Kalkoolithe, die hier stellenweise sehr häufig auftreten.

In den Mergeln eingelagert findet man vielfach die Zoophycos (Cancellophycus), eine Art von Algen, die an manchen Stellen, aber nur ganz vereinzelt, auch noch auf der Unterseite der Kalkschichten zu bemerken ist. Hr. Prof. Schardt[1]) bezeichnet dieselben als Zooph. scoparius, während Gilliéron[2]) diese Klassifikation nur als wahrscheinlich bezeichnet. Außerdem sind in den Mergeln, sowie auch in den Kalksteinen Ammoniten zu finden, jedoch sind die Exemplare derart deformiert oder schlecht erhalten, daß eine genaue Bestimmung ihrer Gattung äußerst schwierig, in den meisten Fällen überhaupt unmöglich ist. Eines der besterhaltenen und größten Exemplare, von denen die ich hier gefunden habe, und das ich bei genauerer Untersuchung als *Amm. (Cosmoceras Parkinsoni* bestimmen konnte, habe ich in meiner Sammlung aufbewahrt, ebenso ein Stück eines anderen Ammoniten, an dem noch eine grünlich schimmernde Farbe der Schale zu

[1]) Schardt: *Préalpes du Ct. de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse. p. 78.*

[2]) Gilliéron: *Alpes de Fribourg en général et Montsalvens en particulier. p. 30.*

bemerken war, und der seiner ganzen äußeren Form und Aussehen nach ebenfalls in die genannte Klasse gehört. Einige Stücke von kleineren Ammoniten und zwar aus den Mergelschichten, habe ich ebenfalls aufbewahrt, jedoch ist an diesen eine Bestimmung vollständig unmöglich. Die Streichrichtung der beschriebenen Schichten ist auf beiden Ufern der Trême, abgesehen von einigen geringen Schwankungen, die gleiche, ebenso der Winkel, unter welchem dieSchichten einfallen, was aus beigefügter Skizze (Fig. 2) ersichtlich ist [1]).

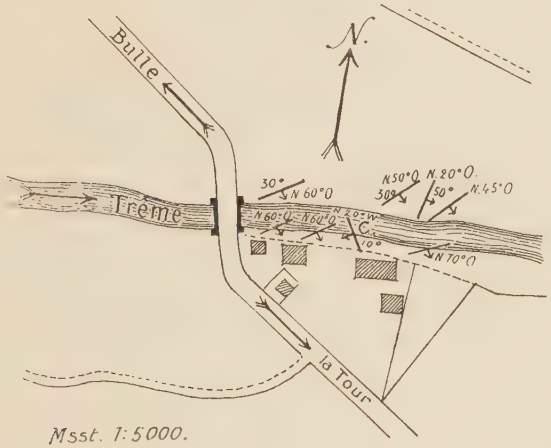

Fig. 2. Streichrichtung der Schichten auf beiden Ufern der Trême (Trême Brücke).

Str. N (20°—70°) O.

Fallen O (30°—70°) S unter einem Winkel von 30—50°.

Auf dem rechten Ufer bei C finden sich allerdings homogene Kalkschichten von genau derselben Art wie die übrigen ohne zwischenlagernde Mergel, die unvermittelt den ruhigen Verlauf der sie begrenzenden Schichten stören, indem sie eine Streichrichtung nach N 20° W annehmen.

[1]) Sämtliche Ortsnamen sowie Höhenbezeichnungen sind der Stabskarte 1 : 25.000 entnommen.

Daß die sichtbare Schichtung nicht die wirkliche sein kann, ist bei der geringen Längsausdehnung wohl sicher und muß man annehmen, man habe es hier mit einer transversalen Schieferung zu tun. Nachfolgende Skizze (Fig. 3) zeigt ein Profil durch diesen Schichtenkomplex.

Gilliéron [1]) hat jedenfalls auch diese Beobachtungen an dem Punkte gemacht, doch gibt er keine Erklärung dafür, war aber auch schon der Ansicht, daß die sichtbare Schichtung nicht die wirkliche sei, was er mit den Worten andeutet: « avec des directions et des plongements qu'on voit mal ».

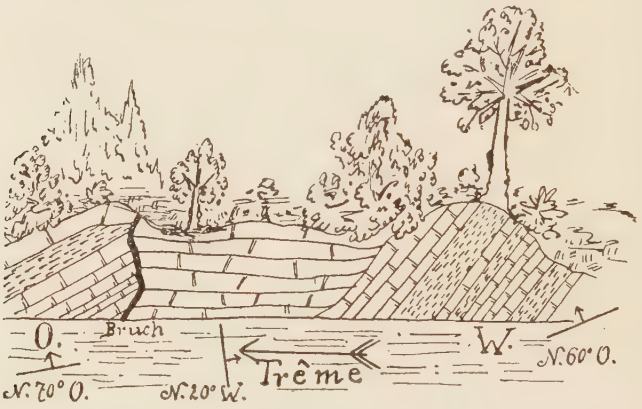

Fig. 3. Profil der Klausschichten am rechten Ufer der Trême (Brücke Bulle-la-Tour).

2. Etwas weiter westlich, in der Nähe von les Jordils, findet man die gleichen Schichten wie an der Trême-Brücke, jedoch sind dieselben nur bei ganz niederem Wasserstand der Trême sichtbar. Es sind ebenfalls sandige Kalkschichten mit abwechselnden Mergelschichten und gleichen denen an der Brücke ganz genau. Die Streichrichtung konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen, allem äußeren Anscheine nach ist sie ziemlich die gleiche. Ebensowenig vermochte ich irgendwelche Fossilien dort zu finden. Dafür aber

[1]) Gilliéron: Op. cit. p. 57.

konnte ich bei ganz niederem Wasserstand auf dem Boden des Flußes die abwechselnde Schichtfolge von Kalkstein und Mergeln bis an die Brücke verfolgen, wodurch es dann möglich war, mit Sicherheit die Schichten als die gleichen, nämlich auch als das Bathonien zu erkennen.

3. Bei « les Auges », wo die Trême in einem scharfen Knie sich nach Süd-Osten wendet, treten uns zum ersten Male mehrere, verschiedenartige Schichten entgegen. In erster Linie ist es die Übergangsstufe vom braunen zum weißen Jura, oder das Callovien, dann das bereits bekannte Bathonien. Allerdings ist das Callovien nur noch als ein auf das Bathonien auflagernder Fetzen erhalten, immerhin aber noch sehr gut als solches zu erkennen und da es im direkten Kontact mit dem Bathonien steht, von diesem leicht zu unterscheiden. Es besteht aus mehreren Schichten von ebenfalls sandigem Kalkstein, bis zu 50 cm. Mächtigkeit, der aber in seiner Zusammensetzung homogener und sehr stark von knolligen Einschlüssen durchsetzt ist. Die Bruchfläche zeigt noch einen größeren Quarzreichtum als beim Bathonien, an manchen Stellen sogar ist sie vollständig von Quarzadern durchzogen, während die Oberfläche, infolge der Verwitterung stellenweise ein bläuliches bis grünliches Aussehen zeigt, wodurch man bei flüchtiger Betrachtung die Schichten leicht für Oxfordien ansehen kann. Die bei Beschreibung des Bathonien an der Brücke Bulle-la-Tour schon erwähnten Eisenoolithe treten auch hier ab und zu noch auf, jedoch sind sie in den oberen Schichten schon merklich im Zurückgehen begriffen. Zwischen den Kalkschichten lagernd finden sich auch einige Mergelschichten, welche aber mehr toniger Beschaffenheit und nur bei ganz geringem Wasserstand der Trême zu beobachten sind, indem sie nach oben zu durch das Wasser ganz beträchtlich ausgewaschen wurden und sonst wie die Kalkschichten in dem Flußbett untertauchen.

Nachfolgende Skizze (Fig. 4) zeigt das Callovien dieses Punktes (a) mit dem darunter befindlichen Bathonien. Von Wichtigkeit für die definitive Bestimmung dieser Schichten waren einige Fossilien, die ich hier fand und von denen ich

ein besonders großes und relativ gut erhaltenes Exemplar eines Ammoniten nach Neumayr [1]) und Toula [2]) als *Amm. macrophalus* erkennen konnte. Erwähnen will ich noch einige kleinere Ammoniten, die aber ebenso wie die aufgefundenen Belemniten, mit Ausnahme eines, der höchst wahrscheinlich als *Belemn. calloriensis* anzusehen ist, unbestimmbar sind.

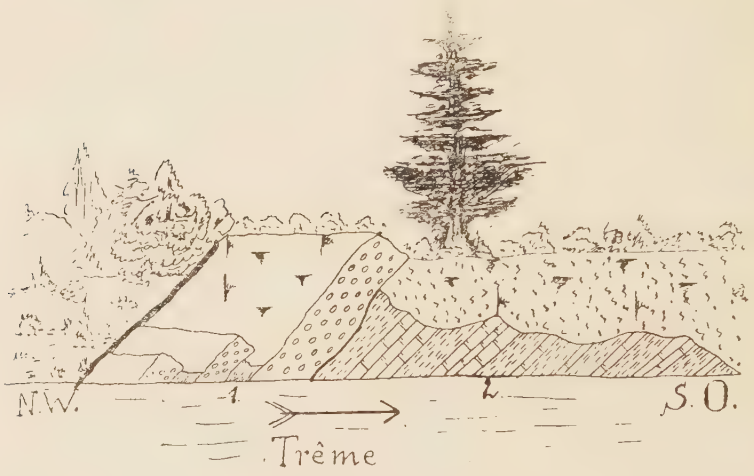

Fig. 4. Profil der Gegend von « Les Auges » oberhalb der Brücke.

Die Streichrichtung dieser Schichten ist N 30° W, während das Fallen nach S 60° W unter einem Winkel von etwa 45° geschieht, wie auch aus beigefügter Skizze (Fig. 5) ersichtlich ist. Herr Prof, Dr. de Girard [3]) äußert auf Grund anderweitiger Beobachtungen, daß das Callovien im Vergleich zu anderen Schichten in der Regel sehr verdreht sei. Das kann für diesen speziellen Punkt wohl kaum Geltung haben, denn das unter dem Callovien lagernde, sowie an dem rechten Ufer der Trême etwas weiter südöstlich zu Tage

[1]) Neumayr: Erdgeschichte II. p. 248.

[2]) Toula: Lehrbuch d. Geologie II Taf. 14 Fig. 20.

[3]) Girard, Dr. R. de, *Tableau des Terrains de la région fribourgeoise.*

streichende Bathonien stimmt in Streich- und Fallrichtung mit diesem genau überein. Anders ist es dagegen an den Punkten direkt oberhalb und unterhalb der Brücke bei « les Auges », wo die Streichrichtung in N 65° W und endlich in W übergeht, während der Winkel unter denen sie sämtliche gegen S einfallen, sich bis auf 30° verflacht. Die Schichten sind in der Hauptsache Kalkstein von 5-80 cm. Mächtigkeit mit zwischenlagernden blaugrauen Mergeln und nach ganz genauen Vergleichungen in stratigraphischer Hinsicht mit denjenigen an der Brücke Bulle-la Tour, als Bathonien zu erkennen, die dann, ausgenommen einige kleine

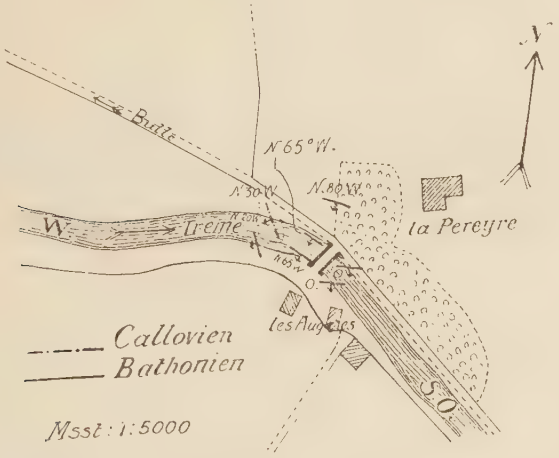

Fig. 5. Streichrichtung der Schichten bei « les Auges ».

Unterbrechungen, bis ungefähr 30 m. unterhalb der Brücke bei « les Auges » an beiden Ufern der Trême zu Tage streichen. Nachfolgende Skizze (Fig. 6) zeigt einen Querschnitt durch diese Schichten.

An dem linken Ufer der Trême, etwa 5 m. unterhalb der Brücke anfangend, zeigt sich, die Schichten in einem Winkel von 30° zur Streichrichtung durchschneidend, eine sehr deutlich ausgesprochene Verwerfungsspalte (S. Fig. 7), die vollständig mit Quarz, Kalkspath und Bruchstücken der

angrenzenden Schichten gefüllt ist und in süd-südöstlicher Richtung, genau dem Lauf der Trême folgend, verläuft. Die Einfallsrichtung dieser Verwerfung ist ziemlich senkrecht, die Sprunghöhe dagegen, die an der Beobachtungsstelle sehr gering ist, wird sich aber nach Westen zu, wie aus den tektonischen Verhältnissen der Gegend zu schließen ist, ganz bedeutend vergrößern. Die, die Böschung des Flußbettes bildenden und somit höher gelegenen Schichten, zeigen an der Spaltenwand glatt polierte Harnischflächen mit Quarzüberzug, auf denen an manchen Stellen eine parallele Streifung von oben nach unten zu beobachten ist. Aber auch sonst ist das linksseitig angrenzende Gestein an der Bruch-

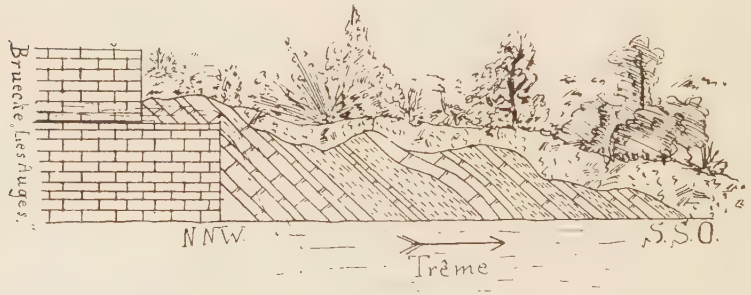

Fig. 6. Profil durch das Bathonien unterhalb der Brücke bei «les Auges» am linken Ufer der Trême.

fläche sehr stark von Quarzadern durchsetzt, abgeschliffen und zerbröckelt. Der Bruch als solcher ist nur auf eine sehr kurze Strecke sichtbar. Er verläßt das Bett der Trême noch vor Ende des Ausbisses, wendet sich nach Ost-Süd-Ost und ist dann nicht mehr sichtbar, wohl aber an seinen hervorvorgebrachten Wirkungen noch weiter zu erkennen und zu verfolgen, bis er in der Nähe von Bouleyre-d'en-bas wieder zu Tage tritt. Über seinen genauen Verlauf und seine tektonische Bedeutung für die Gegend, werde ich in Kap. IV noch ausführlich berichten.

Was nun noch die Fossilien der Gegend von les Auges anbelangt, so will ich den Reichtum an Belemniten besonders hervorheben. Leider sind die einzelnen Exemplare so schlecht

erhalten, daß ihre Spezies kaum festzustellen ist. Daneben auch besonders stark vertreten sind die Zoophycos in den auch hier noch manchmal zwischen den Kalksteinschichten eingelegten Mergeln. Aus der Klasse der Rynchonellen habe ich Rynch. tremensis [1]) und Rynch. subtrigonia [2]) angetroffen, sowie einige Stielglieder von Crinoiden.

Von hier an fließt dann die Trême in gerader süd-südöstlicher Richtung weiter, bis in die Nähe von Crêt Vudy, ohne irgendwelche nennenswerte Ausbisse hervorzubringen, bis dann abermals das Bathonien und zwar in ganz beträchtlichen Dimensionen zu Tage tritt.

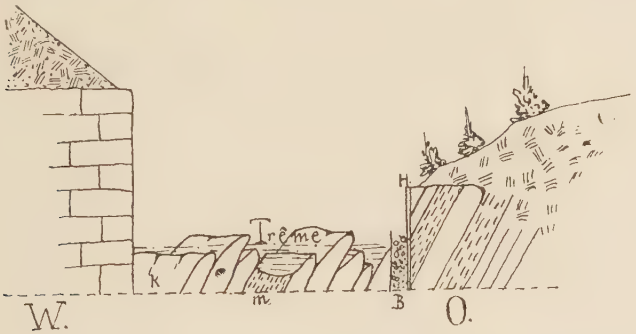

Fig. 7. Querschnitt durch das Tal der Trême unterhalb der Brücke von « Les Auges ».

4. Etwa 250 m. oberhalb der Brücke bei Crêt Vudy beginnend und bis an dieselbe heranreichend, anfangs von nur geringer Höhe, bis sie dann zu einer solchen von fast 20 m. ansteigen, treten uns, wie bei « les Auges », Kalkschichten von 18- 80 cm. Mächtigkeit mit abwechselnd eingelagerten Mergelschichten entgegen. An manchen Stellen zeigen die Kalksteine eine etwas knollige Oberfläche, was Gilliéron [3]) jedenfalls veranlaßte, diese als Callovien zu betrachten. Ich kann mich jedoch, trotzdem der Sand-

[1]) Gilliéron op. cit. p. 243 und Tafel 10 Fig. 7 und 8.
[2]) Gilliéron op. cit. pag. 244 und Tafel 10 Fig. 9 und 10.
[3]) Gilliéron op. cit. p. 75.

gehalt der Kalksteine ein hier etwas geringerer ist, dieser Meinung deswegen nicht anschließen, weil die scheinbare knollige Oberfläche nur als ein Produkt der Verwitterung betrachtet werden muß und demnach an der Bruchfläche von diesen Knollen nichts zu beobachten ist. Wiederum an anderen Stellen zeigen die Kalksteine an der Bruchfläche, wie ich durch genaue Vergleiche festgestellt habe, dieselbe Zusammensetzung wie diejenigen bei « Les Auges », so daß man sie also unstreitig als Bathonien ansehen muß und deckt sich dann meine Anschauung mit derjenigen des Hrn. Prof. Dr. de Girard. Ferner sind es auch die Mergel, die stellenweise eine Mächtigkeit bis zu 2 m. erreichen, welche genau dasselbe Aussehen besitzen, wie diejenigen der Klausschichten von « Les Auges » und zwischen denen ebenfalls wie dort, die Zoophycos in zahlreicher Menge eingebettet sind. Ammoniten konnte ich hier leider nicht feststellen, wohl aber Belemniten in relativ gutem Zustand und auch ziemlich zahlreich. Zwei besonders grosse und guterhaltene Exemplare konnte ich in Übereinstimmung mit Gilliéron [1]) und einem französischen Werke [2]) als Belemnites bessinus erkennen.

Einige kleinere, die aber noch im Gestein eingeschlossen sind, dürften, soweit ich infolgedessen in der Lage war, eine Bestimmung vorzunehmen, als Belemnites Escheri und Belemnites Gillieroni [3]) anzusehen sein, während die anderen mit Sicherheit noch nicht klassifiziert werden konnten.

Um einen bessern Ueberblick über diesen Ausbiss zu erhalten, will ich diesen in 3 Punkte (a b c) einteilen, von denen der mittlere (b) für die Tektonik von der grössten Wichtigkeit ist.

Beifolgende Skizze (Fig. 8) zeigt diese Einteilung sowie die Streich- und Fallrichtungen insgesamt.

Am nördlichsten Punkte beginnen die Schichten mit

[1]) Gilliéron op. cit. pag. 195.
[2]) Paléontologie de la carte géologique de France Taf. 30.
[3]) Gilliéron op. cit. p. 197.

einem Str. N 60° W, fallen nach S. W. unter einem Winkel von etwa 60° und erreichen am Ende dieser Stelle a ein Str. W-O und ein Fallen S W, während sie von Norden nach Süden mehr und mehr aufgerichtet sind, so daß man sie fast als saiger bezeichnen kann, indem der Winkel nahezu 80° er-

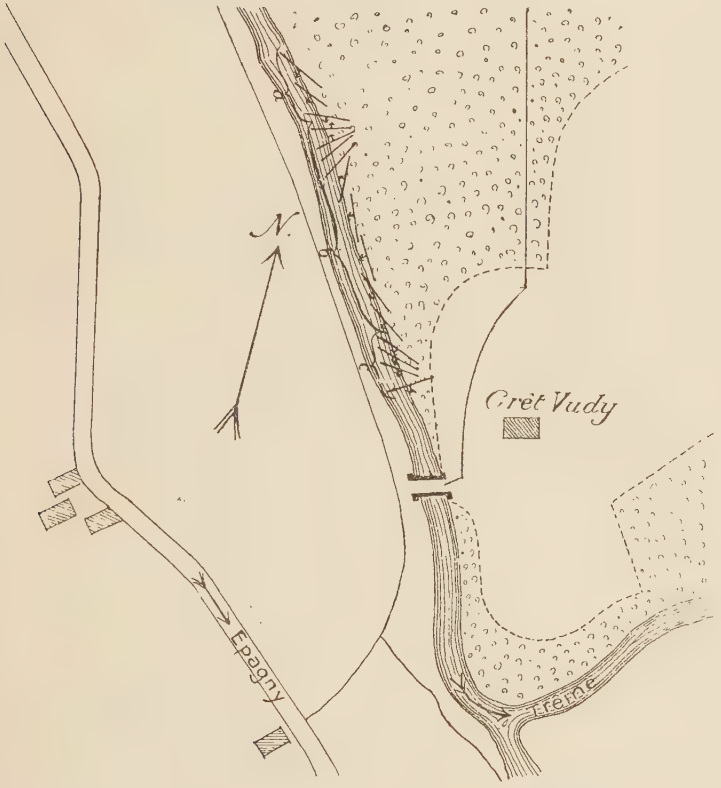

Fig. 8. Übersicht über die Streich- und Fallrichtungen der Klausschichten bei Crêt Vudy.

reicht. Damit ist aber der Wendepunkt noch nicht erreicht, vielmehr vergrössert sich der Winkel bis zu Punkt 3 (S. Fig. 9) wo die Schichten senkrecht stehen, und von da an verflacht er sich allmählich wieder, bis er am Ende des Punktes c, resp. 9 nur noch 50° beträgt.

Im folgenden Profile und dem ihm entsprechenden Grundrisse (Skizze, Fig. 11), sollen die eingeschriebenen Zahlen die einzelnen Punkte bezeichnen, an denen die Streich- und Fallrichtungen der Schichten aufgenommen wurden und auf Grund deren es dann möglich war, eine genaue Konstruktion dieses geologischen Profils herzustellen.

Die Streich- und Fallrichtungen an den einzelnen Punkten sind dann folgende:

Fig. 9. Ideales Längsprofil durch das Bathonien von Crêt Vudy. Ausgearbeitet nach den an den einzelnen Punkten aufgenommenen Streich- und Fallrichtungen der Schichten.

1. Str. N 70° O. F. NW. Winkel cir. 80°
2. Str. N 55° O. F. NW. « « 85°
3. Str. N 40° O. F. nicht zu bezeich., Winkel cir. 90°
4. Str. N 30° O. F. NW. Winkel cir. 85°
5. Str. N-S F. W. « « 75°
6. Str. N 20° W. F. SW. « « 65 -75°
7. Str. N 30° W. F. SW. « « 65°
8. Str. N 45° W. F. SW. « « 60°
9. Str. N 50° W. F. SW. « « 60°

Hier tritt dann die Uferböschung soweit an die Trême heran, daß die Schichten bis auf eine Strecke von 20 Meter vollständig bedeckt sind. Sie treten dann aber wieder zu Tage

und bilden den in Fig. 8 mit c bezeichneten Ausbiß. Dort zeigen die Schichten ein Streichen N 60° W und ein Fallen nach SW. Sie erreichen dann am Ende fast dieselbe Richtung, wie zu Anfang des gesamten Felsens, nämlich

Str. N 60° O. dagegen Fa. S. O.

Für die Tektonik dieses Gebietes ist es von ganz besonderer Wichtigkeit, daß die Schichten, je weiter man sie nach rückwärts beobachten kann, mehr und mehr eine Drehung nach Nord-Ost zeigen. Genauere Ausführungen darüber werde ich zusammenhängend im nächsten Kapitel geben.

Wir verlassen jetzt das Tal der Trême und wenden uns weiter ostwärts, um die Felsen entlang der Saane einer genaueren Betrachtung zu unterwerfen.

Fig. 10. Horizontaler Querschnitt von Fig. 9 mit eingezeichneter Umrißlinie des Schichtenkomplexes 6 (in Fig. 9).

5. Zunächst stoßen wir an der Brücke, die nach Broc führt, an der Vereininung der alten und neuen Straße la Tour-Broc auf einige Felsen, bei denen der Sandstein eine Hauptrolle spielt. Bänke von 1- 1,50 m Mächtigkeit sind durchaus keine Seltenheit, dabei sehr zerklüftet und zerrissen, so daß die wirkliche Schichtung nur mit großer Mühe ermittelt werden kann. An manchen Stellen wieder sind ausgedehnte beinahe schwarze Mergelschichten vorherrschend, wie aus der Fig. 12 ersichtlich ist.

An Versteinerungen ist, wie schon seit langem bekannt, der Flysch, mit dem man es hier zu tun hat, im allgemeinen

ziemlich arm, dafür aber finden sich häufig die sog. Flyschhyeroglyphen, mit Hilfe deren ich dann auch die wahren Schichtflächen erkennen konnte.

Die Streichrichtung der Schichten ist

N 45°—60° O. Fall SO.

Ungefähr 40 m unterhalb der Brücke geht das Fallen, bei sonst gleichbleibendem Streichen in ein nordwestliches über.

Eine eingehendere Beschreibung dieser Flyschklippen in Bezug auf die allgemeine Stratigraphie ist unnötig, da Gilliéron[1]) sich speziell damit befaßt und auch ganz ausführlich darüber berichtet hat. Einen Punkt will ich jedoch nicht unterlassen zu erwähnen, der diesem Geologen vielleicht ent-

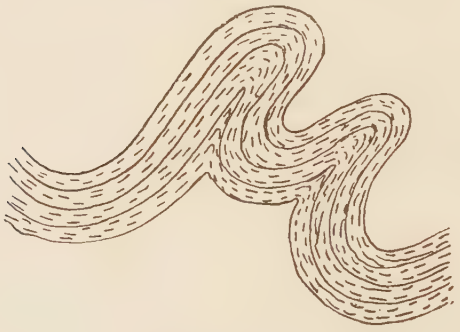

Fig. 12. Fältelung der Mergel in den Flyschklippen bei Broc.

gangen sein dürfte, da insbesondere zur Zeit seiner Forschungen, das Gebiet noch nicht in dem Maße aufgeschlossen war, wie heute, und der für das Vorhandensein dieser Flyschreste von der größten Wichtigkeit ist. Es handelt sich nämlich um die Auffindung einer Verwerfungsspalte, von der ich in Form einer durch sie gebildeten Harnischfläche, ein Handstück in meiner Sammlung aufbewahrt habe. Andererseits war es mir auch möglich, da die Felsen zur Zeit meiner Studien abgebrochen wurden, sodaß sie jetzt fast völlig verschwunden sind, eine sehr gute Faltung resp. mehrfache Fält-

[1]) Gilliéron op. cit. p. 185.

telung der Mergel zu beobachten, von der man an der Außenseite, selbst bei genauesten Beobachtungen, nicht die geringsten Anzeichen wahrnehmen konnte. (S. folg. Skizze Fig. 12.)

Wohl hatte es den Anschein, als wenn auch die mächtigen Sandsteinbänke einer Faltungskrisis unterworfen gewesen wären, jedoch mit Sicherheit anzugeben vermochte ich dies nicht, weil wie bereits erwähnt, dieselben sehr gestört sind. Erst im Herbst vorigen Jahres, als die Abbrucharbeiten der Felsen soweit vorgeschritten waren, daß ich ein Querprofil an der Straße aufnehmen konnte, welches ich hier wiedergebe Fig. 13), und wodurch mir ein besserer Einblick in die Strukturverhältnisse dieser Klippen im innern geboten war,

Fig. 13. Querprofil durch die Flyschklippen an der Sarinebrücke bei Broc. (Klippe a jetzt vollständig abgebrochen).

wurde es dann möglich eine Faltuug dieser Bänke, wenn auch nicht in dem Maße, wie bei den Mergeln, jedoch immerhin deutlich ausgesprochen, wahrzunehmen.

6. Weiter nördlich, gegenüber dem Punkte 682, sowie unweit Fulet (NW von Broc. Stabskarte Bl. 362) treten uns dann am rechten Ufer der Sarine Schichten in beträchtlichen Dimensionen entgegen, die uns bisher noch nicht begegnet sind, nämlich der untere braune Jura, oder Bajocien. Im allgemeinen sind es gelbliche bis braune sandige Kalksteinbänke von 5—40 cm Mächtigkeit, zwischen denen an manchen Stellen dünnbankige Schiefer von gleicher Farbe lagern. Von dem oberen Lias, dem Aussehen nach sonst schwer zu unterscheiden, ebenso wenig wie man eine scharfe Abgrenzung

nach oben hin gegen das Bathonien treffen kann, ist doch bei einigermaßen genauer Betrachtung, infolge des überaus großen Reichtums an Zoophycos, die fast die ganze Oberfläche der Kalksteine sowie der Schiefer bedecken, ein Erkennen relativ leicht. Außerdem unterscheidet sich der Kalkstein von dem der Klausschichten ganz merklich durch ein feineres Korn und dann insbesondere auch durch den vollständigen Mangel der Quarzkörner und der Glimmerblättchen. Mit einem Wort gesagt, ist seine Zusammensetzung weit mehr homogen als diejenige des Bathonien. Neben den Zoophycos

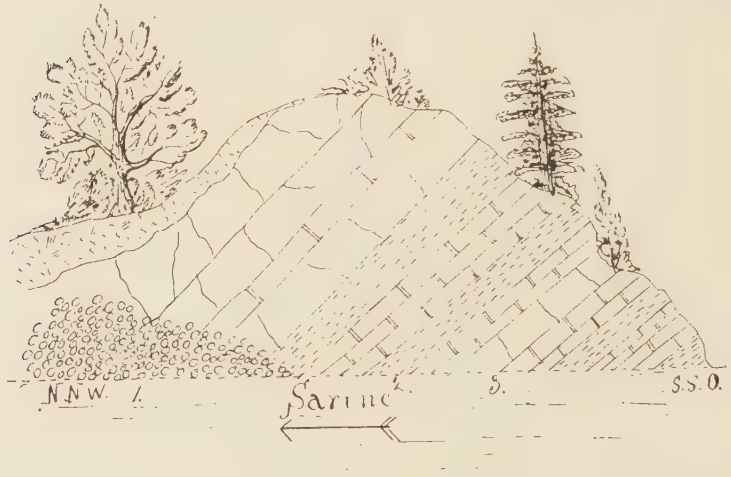

Fig. 14. Profil durch die nördlichen Bajocienschichten bei Fulet.

treten aber auch Belemniten, höchst wahrscheinlich Belemn. giganteus und Ammoniten auf. Insbesondere ist *Ammonites* (Steph.) *Humphriesianus*, nach dem man ja dieser Zone geradezu den Namen gegeben hat, und der in großen, ganz besonders schönen Exemplaren hier anzutreffen ist.

Die Streichrichtung ist an beiden genannten Punkten die gleiche, nämlich

N 45° O

ebenso der Fallwinkel cir. 45°, während das Einfallen selbst,

welches an ersterem nach NW geneigt ist (s. Fig. 14) und unweit Fulet gerade entgegengesetzt, nach SO geschieht (vergl. Fig. 15).

Diese Schichten sind also die ältesten, welche in dem ganzen Gebiet anzutreffen sind. Sie umfassen die Zonen von Ammon. Humphriesianus, Ammon. Murchisonæ und Ammon. opalinus. Höchst wahrscheinlich ist, daß wir es hier nur mit der obersten Stufe zu tun haben, da ich außer Ammon Humphriesianus andere Gattungen nicht festzustellen vermochte.

Fig. 15. Profil durch das Bajocien südlich von Fulet im Tale der Sarine.

7. Das Bajocien findet sich nochmals in der Mitte des Zweigweges der alten Straße la Tour-Broc, im Walde von Bouleyres mit einem Streichen N 45° W und einem Fallen nach S W.

8. Am südwestlichen Rande des Waldes Sautaux, in der Nähe der Hütte Clos de la Chappelle treffen wir dann wieder Klausschichten an, die nach N 20° O streichen und nach S O fallen, von denen aber gegenwärtig nichts mehr zu sehen ist, da wegen des Baues der elektrischen Bahn Bulle-Montbovon, die zu Tage streichenden Felsen abgebrochen und das Übrigbleibende verschüttet wurde.

Wir gelangen nun zu den drei Felsen von La Tour. Mit Ausnahme desjenigen in der Nähe des Bahnhofes, sind sie nur wenig oder gar nicht aufgeschlossen und man ist daher fast ausschließlich darauf angewiesen, nach dem äusseren Aussehen der Schichten dieselben zu beurteilen. Statt wie bisher nur die Formationen des Doggers zu finden, stoßen wir hier zum ersten Male auf jüngere Bildungen, nämlich auf Malm, ja vielleicht sogar auf das Neocom, was später noch betont werden wird. An dem Felsen westlich

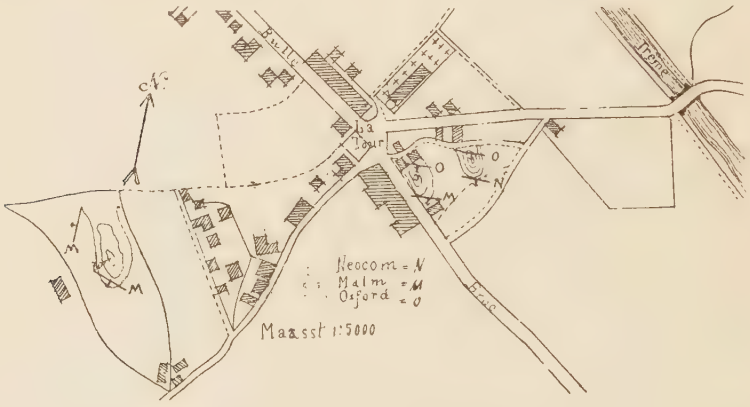

Fig. 16. Gegenseitige Lage der drei Felsen von la Tour mit eingezeichneten Streich- und Fallrichtungen der jeweiligen Schichten.

Tour de Trême (w. T.), von dem gegenwärtig kaum noch ein Drittel vorhanden ist, war es möglich, die schwachen Kalksteinbänke, durch Vergleich mit denjenigen an bekannten Ausbissen, als Malm zu erkennen. Die Schichten streichen N-S und fallen nach W, während sie wenige Meter weiter südlich in ein Streichen nach N 70° W und ein Fallen nach S W übergehen. Figur 16 zeigt die drei Felsen mit eingezeichneten Streich- und Fallrichtungen.

Es ist im allgemeinen sehr schwer von einem Einfallen der Schichten im wahren Sinne zu sprechen, da dieselben meist saiger stehen. An denjenigen der Klippe westlich von

la Tour ist, nach unten zu, eine scharfe Drehung zu beobachten, so daß sie dann mit denen des südlicheren im O gelegenen Punkte übereinstimmen. (S. Fig. 17 und 18.)

An dem auf der Photographie mit a bezeichnetem Punkte ist noch sehr gut die Drehung der Schichten gegen S O zu beobachten, allerdings lange nicht in dem Maße, wie am Fuße des Felsens, was aber leider jetzt vollständig verschüttet ist. Am südlichen Teile des Felsen la Tour (T) erscheinen abermals die Malmschichten, in Mächtigkeit von 26 cm., jedoch nur mit ganz geringer Ausdehnung. Im Übrigen besteht die ganze Klippe aus harten, schwärzlichen Kalksteinen, an denen absolut keine Schichtung zu erkennen ist und die auch besonders, da ein Teil der Klippe wegen der Straße abgesprengt werden mußte, vollständig zerrißen und zerklüftet sind (S. Fig. 19.)

Ein kleiner Ausbiß ist dann noch an der Nordseite zu beobachten, wo aber die Schichten ein ganz anderes Aussehen haben, als am vorerwähnten Punkte. Kalksteine bis zu 30 cm. Mächtigkeit, die an der Bruchfläche hellgrau, an der Oberfläche fast rotbraun und stellenweise sogar grünlich gefärbt sind. Oftmals finden sich kleine Einschlüsse von Kieselknollen, die dann in den nach N. gelegenen Schichten der Klippe östlich Tour de Trême (ö. T.) in noch größerer Anzahl auftreten. Figur 20 zeigt eine Photographie dieses Punktes.

Das Oxfordien, als welches man diese Schichten ansehen muß, erscheint also, wie schon erwähnt, auch an dem Felsen ö. T.

Figur 21 und 22 zeigen zwei Ansichten von dieser Klippe.

Figur 21 stellt eine Ansicht des Felsens dar, welche von der Klippe la Tour aus aufgenommen wurde. Es fehlen hier die nach N und S auftretenden dünnen Schichten, welche man von der Ostseite her beobachtet, während die massigen Gesteine, welche die Mitte bilden, auch hier zu Tage treten.

An der Südseite des Felsens erscheint dann das Neocom mit seinen dünnen, fast grünlichen Schichten. Bezüglich

des Neocoms will ich noch hinzufügen, daß die Lage desselben eine höchst sonderbare ist, indem dann an diesem Felsen der Malm mit seiner Mächtigkeit von fast 300 m. vollständig fehlen würde. Ich will mich jedoch der An

Fig. 21. Ansicht der Klippe, westlich « Tour de Trême ». Aufgenommen von dem Felsen « la Tour ».

schauung nicht ganz verschließen, daß wir es hier vielleicht mit den ganz obersten Schichten des Malm zu tun haben, die mit dem Neocom in direktem Kontakt stehen, so daß sie durch Metamorphose mehr das Aussehen des Neocom an-

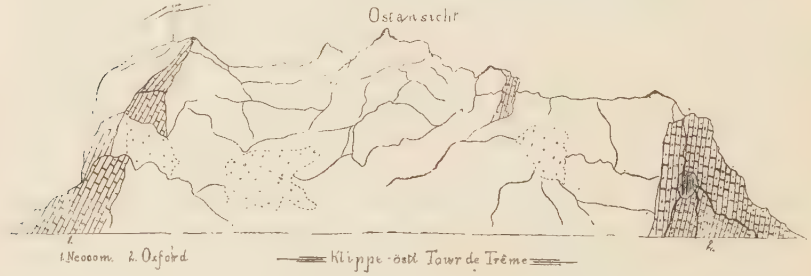

Fig. 22.

genommen haben. Tatsache ist aber, daß in der ganzen Gegend die Facies des Malm eine von den hier anzutreffenden Schichten grundverschiedene ist, was mich bewogen hat, diese Schichten als Neocom zu betrachten.

Vollständige Gewißheit könnte man aber erst erlangen durch das Auffinden von Fossilien, an denen aber leider alle drei Felsen von la Tour äußerst arm sind. Die Streichrichtung ist an allen Punkten, einige kleine Schwankungen ausgenommen, W O, das Fallen S. Das Neocom zeigt in seinem oberen Teil eine Abweichung und gleichzeitig eine Drehung der Schichten nach W.S.W., worüber ich im nächsten Kapitel eingehender berichten werde.

Figur 23 und 24 zeigen photographische Aufnahmen von ö. T.

Bei Betrachtung dieser Figur wäre man sehr leicht geneigt anzunehmen, daß die Schichten an dieser Stelle ein Antiklinal bilden. Dies entspricht aber durchaus nicht der Wirklichkeit. Vielmehr ist diese Täuschung auf eine perspektivische Verkürzung zurückzuführen, welche bei der phototographischen Aufnahme entstanden ist, da die nördlichsten Schichten bei Punkt b weiter rückwärts gelegen sind, als diejenigen bei a und dann ferner auch schon eine deutliche Torsion nach W S W zeigen.

III. Kapitel.

Die Felsen mit Rücksicht auf ihre tektonische Bedeutung für die Ebene.

Nachdem wir nun die einzelnen Felsen und Ausbisse in stratigraphischer Hinsicht kennen gelernt haben, wollen wir es versuchen, auf ihre Tektonik näher einzugehen. Der Analogie wegen mit Kap. II würde es vielleicht gut erscheinen, wieder mit dem nördlichsten Punkte, an der Straßenbrücke der Trême zu beginnen, jedoch würde die klare Übersicht darunter leiden und das Verständnis in hohem Maße beeinträchtigt werden. Es ist daher zweckdienlicher mit den ältesten Schichten des Systems zu beginnen. Die beschriebene Schichtenreihe umfaßt, mit dem unteren braunen Jura oder Bajocien beginnend, den ganzen Dogger, dann den gesamten weißen Jura und die untere Kreide oder Neocom, außerdem noch einige Flyschreste. Wenn auch nicht alle Schichten gleichmäßig aufgeschlossen sind, so müssen sie doch als vorhanden angenommen werden.

Die ältesten Schichten also sind diejenigen des Bajocien am rechten Ufer der Sarine unweit Fulet.

Die Fallrichtung der Schichten wurde bereits angegeben und ist diese zu einer angenommenen Mittellinie auf beiden Seiten gerade entgegen gesetzt, so daß wir es hier mit einem Antiklinal zu tun haben. (S. Grundriß Fig. 25 und Aufriß Fig. 26.

Die Fortsetzung dieses Antiklinals ist auf dem linken Ufer der Sarine mit genau demselben Streichen und Fallen (Str. NO-SW; F. NW) noch sehr gut zu erkennen, dann aber verliert es sich leider und erst im Walde Bouleyres erscheint es wieder, jedoch sieht man nur den südlichen

Schenkel und diesen mit einer derjenigen an der Saane fast senkrechten Streichrichtung. Das Antiklinal hat also seine vorherige Richtung jedenfalls noch auf eine gewisse Strecke beibehalten, sich aber dann nach Nord-Westen gewendet, welche Richtung es auch in Bouleyres (N von 761) zeigt. Am nord-westlichen Ende des Ausbisses bemerkt man abermals eine Krümmung, die mehr und mehr nach Westen in der Richtung gegen die Felsen von la Tour zu gerichtet ist. Von hier an verschwindet dieses Antiklinal vollständig, was ohne Zweifel auf die Verwerfung von « Les Auges » zurückzuführen ist. Man kann aus diesem Beispiel schon ermessen, daß in der Ebene die Faltungen häufig gestört und von Brüchen durchsetzt werden.

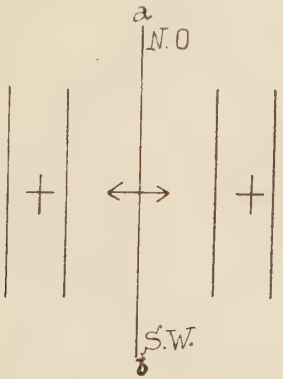

Fig. 25. Grundriß des Antiklinals der Bajocienschichten im Saanetal bei Fulet.

2. Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei den Klausschichten von Crêt Vudy. Sie erscheinen zunächst mit nord-westlicher Richtung und süd-westlichem Einfallen, drehen sich dann, ein großes Antiklinal bildend, bis sie das Streichen N 70° O und das Fallen NW erreicht haben. Hier (N von 710) tritt das Antiklinal weiter zurück und beschreibt abermals einen Bogen, dessen konvexe Seite nach N O gerichtet ist. An dem mit a (Fig. 8) bezeichneten Punkte, erscheint, allerdings nur der südliche Schenkel wieder und

kann man nun beobachten, daß die Schichten zu einer Mittellinie gerade in entgegengesetzter Richtung einfallen, so daß diese Linie den Charakter einer Muldenlinie erhält. Infolge der S förmigen Gestalt des Antiklinals erreicht dieses Synklinal an diesem Punkte sein Ende, es « keilt sich aus. » Die Fortsetzung des Antiklinals nach Westen ist unbedingt in dem Bathonien am süd-westlichen Rande des Waldes Sautaux zu suchen als dessen südlicher Schenkel die hier zu Tage tretenden Schichten angesehen werden müssen, während der nördliche durch den Wald bedeckt ist, aber immerhin sich durch die nach Nordwesten einfallende Böschung am nördlichen Rande des Waldes verrät.

Nach Osten ist dieses Antiklinal nur auf kurze Strecke sichtbar, dann wird es ebenfalls vom Walde bedeckt und

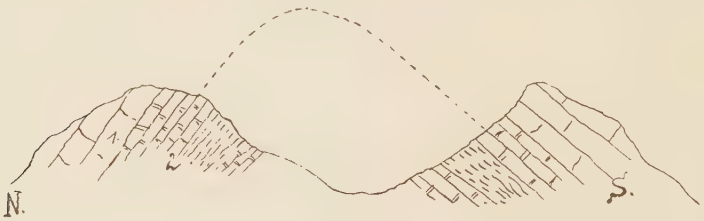

Fig. 26. Aufriß desselben Antiklinals wie Fig. 25 mit Ergänzung des Luftsattels.

verschwindet zuletzt vollständig, während an seiner Stelle in der Verlängerung die Flyschreste an der Brücke Broc erscheinen, ein Beweis, daß man in dieser Gegend abermals eine oder mehrere Verwerfungen zu suchen hat.

3. Die Flyschfetzen an der Sarinebrücke bei Broc sind also, wie schon angeführt wurde, nichts anderes als die Fortsetzung des großen Antiklinals von Crêt Vudy. Dort hatten wir bei Punkt c (Fig. 8) am südlichsten Schichtenkomplex den Streichen N 60° W und das Fallen SO, was auch hier wieder zu finden ist, und zwar sowohl in dem Steinbruch rechts von der Straße la Tour-Broc als auch links von der Brücke im Flußbett der Saane, jedoch mit dem Unterschied, daß an letztgenanntem Punkte das Verflachen der Schichten

nach NW gerichtet ist, wodurch dann nach Ergänzung des Luftsattels (S. Fig. 27) wiederum ein Antiklinal sich darbietet, welches sich in östlicher Richtung bis in das Massiv des Montsalvens fortsetzt und in der Tat auch dort zu finden ist. Die Sattellinie dieses Antiklinals verläuft fast genau in der Richtung von Ost-Nord-Ost nach West-Süd-West und fällt ihre geradlinige Verlängerung mit derjenigen des Antiklinals von Crêt Vudy zusammen. Daß die Flyschlappen trotz ihrer geringen Ausdehnung, in dem Maße gestört sind und daß oft zwei benachbarte Schichten des Sandsteins merkbare Unterschiede in der Streichrichtung zeigen, sowie die starke und mehrfache Fältelung der Mergel (Siehe Fig. 28) hängt teilweise mit dem an dieser Stelle beobach-

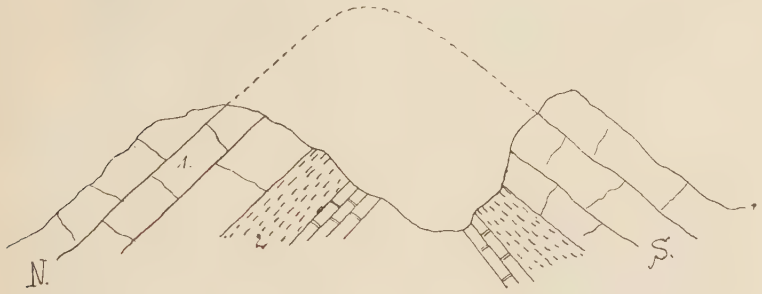

Fig. 27. Flyschklippen bei Broc mit eingezeichnetem Luftsattel.

teten Bruch, der diese Felsen durchsetzt, teilweise aber auch mit der stratigraphischen Beschaffenheit des Gesteins, zusammen. Die hier vorhandenen, scheinbar außerordentlich komplizierten Schichtverhältnisse in den Mergeln, können nur dadurch erklärt werden, daß die darüber lagernden, mächtigen Sandsteinbänke einen derartigen Druck auf die darunter befindlichen plastischen Tone und Mergel ausübten, daß dieselben gequetscht wurden und wegen Mangel an Raum sich intensiver falten mußten. Besonders häufig sind derartige Erscheinungen an Stellen, an denen gleiche Verhältnisse herrschen und an denen insbesondere wie hier durch die Saane, das Schichtssystem durch die Erosion in einer ziemlich steilen Wand angeschnitten ist, so daß die

Mergel in dieser Form gewissermaßen herausgequetscht wurden. Bei einer, im Frühjahr 1905 unternommenen Exkursion zeigte es sich mir, daß diese Mergel nur noch an den höher gelegenen Stellen, an denen sie vor der Erosion durch die Saane geschützt sind, in diesem Zustande zu finden waren, während sie an den tiefer gelegenen abradiert und fortgeschwemmt worden waren, so daß sie hier in ihrer ursprünglichen, viel weniger gestörten Schichtung sichtbar sind. An anderen Stellen wieder sind die oberen Teile, nachdem sie von unterher genügend unterwaschen waren.

Fig. 28. Die durch die mächtigen Sandsteinbänke zusammengepreßten und mehrfach gefalteten Flyschmergel im Tale der Sarine direkt unterhalb der Brücke.

niedergebrochen und zeigt sich dann das gleiche Bild der Schichtung. Es ist somit klar, daß das Phenomen einer scheinbar komplizierten Schichtung in zusammengepreßten Mergeln uns vorliegt und ist ein derartiger Fall für die Tektonik einer Gegend nur von geringer Bedeutung, für die Plastik des Gebietes dagegen von Wichtigkeit.

4. Bei weitem komplizierter sind die tektonischen Verhältnisse der Felsen von la Tour. Hier finden wir die unteren Schichten des weißen Jura, das Oxfordien, sowie

die mittleren, während die oberen vollständig fehlen. Dafür aber treten in direkten Kontakt mit dem Malm an der Klippe ö. T. die unteren Schichten des Neocoms zu Tage. Mit Ausnahme des nördlichen Punktes der Klippe w. T. stimmen sämtliche ausbeißenden Schichten in Streichen und Fallen genau überein, trotzdem würde es doch ungemein schwer fallen, es sei denn durch Anwendung gewisser Annahmen, ein Faltungssystem mit Sicherheit zu konstatieren. Die geradlinige Verlängerung der Neocomschichten fällt nämlich mit denjenigen des Oxfordien im Norden der Klippe T zusammen und wenn nicht eine Drehung der Schichten in ihrem oberen Teil zu bemerken wäre, wäre es unmöglich eine Konstruktion der Schichten zu erhalten, die in chronologischer Beziehung mit der angenommenen Stufeneinteilung übereinstimmen würde. Eine gleiche Drehung ist an dem Oxfordien nördlich der Klippe ö. T. zu bemerken. Die allgemeine Streichrichtung der Schichten ist eine westöstliche, während die angedeutete Drehung hingegen mehr und mehr nach West-Süd-West, bei den Neocomschichten sogar nach Süd-West gerichtet ist. (S. Fig. 29.)

Aus alledem muß man schließen, daß hier in der Nähe abermals ein Bruch zu suchen ist. Die gleiche Verflachung nach Süden, sowie die am Neocom ö. T. als auch am Malm T. wahrzunehmende Umbiegung der Schichten nach Norden, deutet darauf hin, daß dieses gesamte Schichtsystem einem weiteren Antiklinal angehört, von dem aber nur der südliche Schenkel zu Tage tritt, während der nördliche sich vollständig der Beobachtung entzieht, wodurch gleichzeitig noch ein weiterer Beweis für das Vorhandensein des erwähnten Bruches sich darbietet. Außerdem verläuft die Gegend von la Tour an nach Norden zu in einer vollständigen Ebene, welche nur durch das Tal der Trême unterbrochen wird, wo aber dann die Schichten des mittleren braunen Jura erscheinen. In Anbetracht des Punktes, wo es erscheint, und seines weiteren Verlaufes, muß man dieses Antiklinal als die Fortsetzung desjenigen des Bajocien von Bouleyres und Fulet im Tale der Sarine ansehen, welches durch den Bruch von

Les Auges » gestört wurde, und dessen Malmdecke hier zu Tage tritt, während dem sie weiter gegen O aberodiert wurde.

5. Es würde sich nunmehr nur noch um die Klausschichten von « Les Auges » und an der Straßenbrücke der Trême handeln. Daß beide Punkte mit einander zu verbinden sind, ist zweifellos, aber ungemein schwer ist es, für dieselben den direkten Beweis einer Faltung zu erbringen, und doch bilden sie genau wie die Felsen von La Tour ebenfalls den südlichen Schenkel eines Antiklinals. Für die Annahme, daß die Klausschichten der Trême sowie die Malmfelsen von La Tour ein und demselben Antiklinal angehören könnten, fand ich nicht nur keine Anhaltspunkte, vielmehr sprach die Tatsache dagegen, daß, trotzdem wir eine Aufeinanderfolge der Schichten ihrem Alter nach vorfinden, doch ein solcher großer Zwischenraum vorhanden ist, für den man keine andere Erklärung finden kann als eine Einsenkung des nördlichen Schenkels des Antiklinals von La Tour und somit die Schlußfolgerung überbleibt, daß hiesige Schichten einem neuen, weiter nördlich verlaufenden Antiklinal angehören. Unterstützt und in gewissem Sinne sogar bewiesen, wurde diese Annahme durch das Auffinden zweier Flyschsynklinalen, bei Contravaux und Morlon. Da es nicht möglich ist, daß zwei Talmulden neben einander lagern, ohne daß sie durch ein Antiklinal getrennt sind (s. Fig. 30), so muß auch hier das ehemalige Vorhandensein eines solchen Antiklinals angenommen werden (s. Fig. 31).

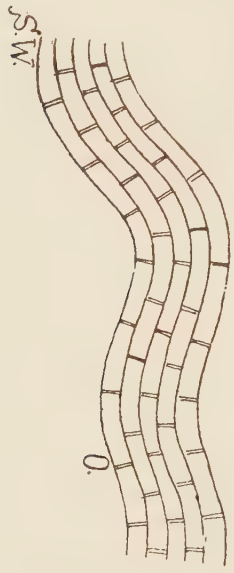

Fig. 29. Drehung der Neocomschichten an der Klippe ö. T. nach südwestlicher Richtung.

Die Sattellinie dieses Antiklinals, welches nach N zu etwas liegend ist, verläuft entsprechend den beiden angren-

zenden Muldenlinien von Ost-Nord-Ost nach West-Süd-West, bis in die Nähe von « Les Auges », wo dann der südliche Schenkel, in Form des Bathonien zu Tage tritt. Dieser wendet sich dann annähernd in S-Form nach der Brücke

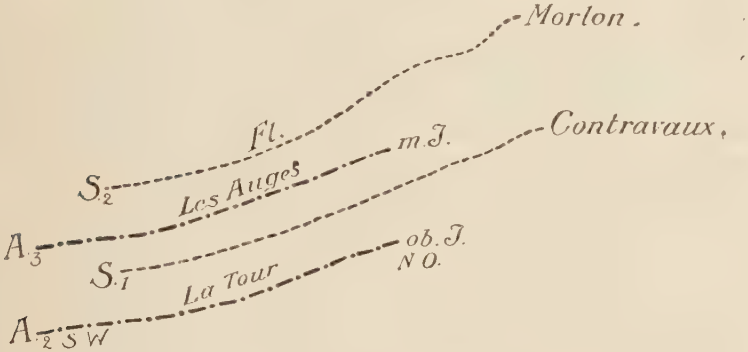

Fig. 30. Die zwei Flyschmulden von Contravaux und Morlon mit dem zwischenlagernden Antiklinal « Les Auges » und der südlich davon streichenden Falte « La Tour ». (Grundriß.)

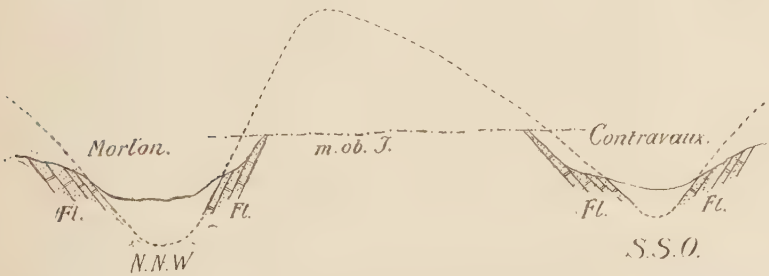

Fig. 31. Profil durch die Flyschsynklinalen mit eingezeichnetem Luftsattel als Fortsetzung des Antiklinals « Les Auges ».

Trême und von da an in einem Bogen, dessen Tangentialseite nach NO gerichtet ist, in südwestlicher Richtung nach la-Part-Dieu zu, und verschwindet dann unter der Vegetation. Leider war es nicht möglich zwischen Contravaux und Morlon einen Ausbiß von anderen Schichten zu beobachten, der diese Behauptung zur vollen Gewißheit hätte machen

können. Mit Sicherheit ist aber anzunehmen, daß hier unter der obersten Erdschicht die Reste des abradierten Antiklinals zu finden sind. Weiter östlich tritt es dann als ein vollständiges Antiklinal von Bathonien zu Tage. Ueber diese Fortsetzung werde ich in einem späteren Kapitel berichten. Wir haben nun einen Ueberblick über die Art und Weise erhalten, in welcher die früher beschriebenen Ausbisse und Felsen in Zusammenhang zu bringen sind und wäre nun noch weiter zu versuchen, diese zu durchlaufenden Gebirgsketten zu vereinigen, oder eventuelle Ursachen zu suchen, warum dies in manchen Fällen nicht möglich wäre.

IV. Kapitel.

Überblick über die Falten und Brüche der Ebene.

Aus der, gelegentlich der Beschreibung der einzelnen Leitlinien bereits angedeuteten Fortsetzung resp. Verbindung derselben untereinander, geht hervor, daß wir in der Ebene von Bulle drei große Falten wahrnehmen, die in fast übereinstimmender Richtung die Niederung durchziehen. Die südlichste, welche ich nach ihrem hauptsächlichsten Punkte, als die von Crêt Vudy bezeichnen will, erscheint an der Saanebrücke bei Broc als Flyschantiklinal und verläuft in west-süd-westlicher Richtung nach Crêt Vudy zu, bis etwa in die Nähe von Bouleyres-d'enbas. Hier biegt sie dann allmählich nach W. um und erscheint in dieser Richtung am linken Ufer der Trême, allerdings mit weit älteren Schichten als vorher, nämlich mit dem Bathonien. Die sich hier darbietende S-Form ist uns schon bekannt. Es müßte nun, gemäß der Streichrichtung am nördlichsten Punkte der weitere Verlauf der Falte in nordwestlicher Richtung zu erwarten sein, was aber nicht der Fall zu sein scheint. Vielmehr ist anzunehmen, daß sie die Richtung N. 60° W. nur auf ganz kurze Strecke beibehält, sich dann aber in einem großen Bogen, dessen konvexe Seite nach N gerichtet ist, wieder nach SW wendet und am Rande des Hügels Sautaux wieder erscheint. Von hier an verschwindet die Falte vollständig unter dem Alluvium und bietet auch an der Oberfläche nicht die geringsten Anhaltspunkte, woraus ihr fortgesetzter Verlauf rekonstruiert werden könnte.

Die nach N folgende Falte, welche man als diejenige von « La Tour » bezeichnen kann, setzt sich zusammen aus dem Antiklinal von Fulet und demjenigen der Felsen von

la Tour. Das erstere ist zunächst nach SW gerichtet, dreht sich aber dann nach NW, in welcher Richtung es an dem Zweigweg im Walde von Bouleyres erscheint. Daß es diese Richtung nicht beibehält, ist schon aus der hier bemerkbaren Torsion der Schichten erkenntlich, vielmehr wendet es sich allmählich nach W und finden wir dann die Klippen von la Tour als horstähnliche Reste dieser Falte. Abgesehen von einigen kleineren Windungen, behält sie die westliche Richtung bei bis zum Felsen w. T., wo sie dann plötzlich, fast in einem rechten Winkel nach N umbiegt, hierauf abermals ihre Richtung ändert und in ihre ursprüngliche, süd-westliche wieder übergeht. Gleich der anderen verschwindet auch diese Falte dann unter die jüngeren Bildungen des Aluviums.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse bei der nördlichsten Falte. Hier haben wir kein rechtes Antiklinal, welches gewissermaßen als Grundform angesehen werden könnte, sondern muß, wie wir im letzten Kapitel gesehen haben, gesucht werden dasselbe auf konstruktivem Wege zu erhalten, was tatsächlich auch gelungen und an betreffender Stelle bewiesen worden ist. Ausgehend also von dem konstruierten Antiklinal zwischen Contravaux und Morlon stoßen wir in W. S. W. Richtung bei « les Auges » auf die Klausschichten mit einem Streichen WO. Es hat sich also die Falte um einen Winkel von ungefähr 20° nach W. gedreht, wodurch aber nicht ausgeschlossen ist, daß sie auf dieser ganzen Strecke mehrere Windungen beschreibt, vielmehr läßt die plötzliche Umbiegung nach N-30° W bei « les Auges » dies als ziemlich sicher erscheinen. Jüngere Formationen als das Callovien von « les Auges » lassen sich allerdings auf dem ganzen Verlauf dieser Falte nicht beobachten, was darauf zurückzuführen ist, daß sie stark erodiert wurde und nur wenig oder gar nicht mit Verwerfungen in Verbindung steht. Zwischen « les Auges » und der Straßenbrücke an der Trême beschreibt sie abermals einen Bogen, dessen Tangentialseite nach N. zu liegt, erscheint am letztgenannten Orte abermals, indem das Bathonien zu Tage tritt und verschwindet dann ebenfalls in süd-westlicher Richtung unter das Quartär.

Von der allergrößten Wichtigkeit für das gesamte Faltensystem der Ebene sind die Verwerfungen o der Brüche, unter denen derjenige von «les Auges» (B. Au.) der bedeutendste ist. Er erscheint zunächst im letzten Punkte direkt unterhalb der Brücke, am linken Ufer der Trême und verläuft in süd-östlicher Richtung. Nur auf kurze Strecke begleitet er die Trême, dann wendet er sich nach O. S. O. und durchsetzt in erster Linie die Falte von la Tour, sodaß, wie wir gesehen haben, im Walde von Bouleyres das Bajocien, während am Felsen ö. T. Oxford und Neocom erscheinen, woraus sich also ergibt, daß der Landteil westlich der Verwerfung eingesunken ist und somit vor der Erosion geschützt wurde. Hingegen konnte dieselbe am östlichen Teil ihre Tätigkeit vollständig entfalten und die Formationen bis auf das Bajocien abtragen. Der Bruch beschreibt dann einen Bogen nach O, so daß er seine ursprüngliche Richtung wieder erhält und erscheint dann zum zweiten Male bei Bouleyres-d'en haut. Gillieron[1]) hat in dieser Gegend ebenfalls einen Bruch beobachtet, bezeichnet aber die Stelle mit Biolleyres. Um Gewißheit darüber zu haben, ob beide Brüche identisch seien, habe ich Nachforschungen angestellt und gefunden, daß in Bezug auf die Abweichung der beiden Namen nur eine im Laufe der Zeit vorgenommene formelle Umänderung von Biolleyres in Bouleyres vorliegt, im übrigen aber die beiden Brüche ein- und derselbe sind und dieser wiederum nichts anderes ist als die Fortsetzung des B. Au.

In Bezug auf die Falte von Crêt Vudy, die auch von dieser Verwerfung durchschnitten wird, müßen wir annehmen, daß der westliche Teil den der Erosion preisgegebenen Horst bildet, während der östliche eine Art Grabeneinsenkung darstellt, in welcher die Schichten des eocänen Flysches erhalten blieben. Die Fortsetzung des B. Au. (Bruch les Auges) ist, von Bouleyres d'en haut an, allerdings nicht mehr an der Oberfläche erkenntlich, muß aber so gedeutet werden, daß der Bruch in einem abermaligen Bogen sich nach O. S. O.

[1]) Gilliéron: op. cit. p. 160.

wendet und dann an dem hier längs der Saane, an dem linken Ufer derselben, verlaufenden Saanebruch sein Ende erreicht.

Die Andeutung eines Bruches an der Saane ist bereits bei Beschreibung der einzelnen Felsen, speziell derjenigen der Flyschklippen an der Brücke Broc erfolgt, indem auf die an diesen Klippen beobachteten Harnischflächen hingewiesen wurde. Wir bezeichnen jetzt diesen Bruch als den Saanebruch (S.B.), der in fast genau nordsüdlicher Richtung verläuft und mit B. Au. zwischen Boulleyres d'en haut und der Brücke Broc die mit Flysch gefüllte Grabeneinsenkung hervorgebracht hat. Besonders bemerkenswert ist es, daß die Saane nicht direkt in dieser Bruchlinie fließt, sondern sich lieber die Einbuchtungen der Schichten ausgewählt hat. Der beste Beweis dafür ist, daß der S. B. (Saane-Bruch) abwechselnd auf dem linken oder dem rechten Ufer der Saane zu finden ist.

Eine weitere Verwerfung, und zwar eine Längsverwerfung, müßen wir zwischen den beiden Falten von la Tour und «les Auges» suchen, da der nördliche Schenkel der Falte von la Tour nicht direkt nachweisbar ist, wenigstens nicht im Gebiete der drei Felsen. Zweifelsohne liegt der Ursprung dieses Bruches in der Nähe von la Tiolleyres, woraus er dann, vom Bruche Les Auges abschweifend, nach W auf der Scheitelhöhe der Falte verläuft, sodaß sich dadurch eine Erklärung für das Fehlen des Nordschenkels der Falte la Tour geben läßt. (Vergl. die Karte im Anhang).

Im allgemeinen ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß die Ebene in ihrer Gesamtheit noch von zahlreichen anderen Brüchen durchzogen ist, wodurch die komplizierten tektonischen Verhältnisse zu Stande gekommen sind. Es ist aber geradezu unmöglich den Nachweis für dieselben zu liefern, ohne sich bis in's weitgehendste auf Vermutungen und Annahmen zu stützten.

V. Kapitel.

Die Anschlüsse mit den angrenzenden Gebirgsketten.

A. Anschluß nach Osten.

Die bisherige Beschreibung bezog sich im allgemeinen nur auf die Ebene von Bulle als solche. Wir lernten die einzelnen Formationen durch Beobachtung der zu Tage tretenden Schichten kennen, es wurde dann weiter versucht dieselben zu Gebirgsgliedern zu vereinigen und letztere dann wiederum zu Ketten zusammenzusetzen, was auch gelungen ist.

Das Nächstliegende ist nun, in den angrenzenden Gebirgen eine Fortsetzung der Falten der Ebene zu suchen. Hier zeigen sich aber, was die S-W Richtung anbelangt, ganz besondere Schwierigkeiten, indem auf weite Strecken nichts als Flysch und Quartär zu beobachten ist. Anders verhält es sich in östlicher Richtung. Gewissermaßen die Grenze des Alpenkörpers bildend, verläuft hier die Berrakette in fast nordsüdlicher Richtung und kommt speziell ihr südlicher Ausläufer, das Massiv des Montsalvens für uns in Betracht. Das bereits öfters angeführte Werk von Gilliéron [1]), welcher den Montsalvens genau studiert und beschrieben hat, ist mir hiebei ein guter Leiter gewesen, sodaß ich mit Hilfe der von mir noch angestellten Beobachtungen auch nach dieser Richtung ein günstiges Resultat zeitigen konnte.

So ist nun in erster Linie die Fortsetzung der Falte von Crêt Vudy in derjenigen von Bataille zu suchen, obwohl dies für den ersten Augenblick als nicht sehr wahrschein-

[1]) Gilliéron: op. cit. p. 190.

lich erscheint. Ungefähr süd-westlich von Favaoulaz und östlich von Bataille zeigt sich ein Flyschrest von dem Gilliéron [1]) annimmt, er habe mit demjenigen bei Vers-les-Moulins in Zusammenhang gestanden, resp. er lasse sich mit demselben vereinigen. Setzt man diese Verbindung in südwestlicher Richtung weiter fort, so stößt man auf die Flyschklippen an der Saanebrücke bei Broc. Es zeigt sich nun, daß die Schichten an den erstgenannten Punkten mit denjenigen von Broc in Streich- und Fallrichtung fast genau übereinstimmen, sodaß sie also zweifellos als diesem Flyschantiklinal angehörig zu betrachten sind. Ferner erwähnt Gilliéron [2]) noch einen, beziehungsweise zwei Brüche an dieser Stelle, wodurch sich eine weitere Bestätigung der bekannten Annahme über die Fortsetzung der Falte von Crêt Vudy darbietet. Daß diese Brüche tatsächlich vorhanden sind, ist an den steilen Abhängen oberhalb Bataille leicht zu ersehen. Wir beobachten an der Straße nach Charmey, etwa 100 m weiter aufwärts von der Abzweigung der Straße nach Botterens in den Schichten des Malm ein vollständiges Synklinal dem sofort ein Antiklinal in etwas liegender Stellung folgt und von dem sogar der sogenannte Antiklinalkern nämlich der knollige Oxford zu Tage tritt. Das liefert nun den direkten Beweis für das Vorhandensein dieser Brüche, andererseits aber auch eine Erklärung dafür, daß wir an der Saanebrücke Broc abermals Flysch antreffen. Der Saanebruch ist bereis erwähnt worden und nun sehen wir, daß das Gebiet zwischen diesem und dem Malm von Bataille eingebrochen ist, sodaß das Antiklinal mit den Flyschschichten bei Broc fast vollständig erhalten blieb, während an dem stehengebliebenen weiter östlich gelegenen Teil die Erosion ihre Tätigkeit entfalten und das Antiklinal bis auf die an der Straße sichtbaren Malmschichten abtragen konnte, während der Flysch am südlichen Abhang nur noch als Fetzen von verhältnismäßig geringer Ausdehnung anzutreffen ist. Diese Erschei-

[1]) Gilliéron: op. cit. p. 190.
[2]) Gilliéron: op. cit. p. 190.

nungen sind aber nur durch Annahme eines oder mehrerer Brüche an den Gehängen von Bataille erklärlich.

Das gesamte Faltensystem von Bataille ist, wie wir später noch lernen werden, und wie sich aus den Verhältnissen an der Straße nach Charmey sehr leicht rekonstruiren läßt, ein liegendes. Die Muldenkerne sind durch das Neocom ausgefüllt, welches weiter nord-östlich die ganze Gegend bedeckt. Es würde sich nun noch darum handeln, an dem nördlichen Schenkel der erwähnten Falte oder in dem angrenzenden Synklinal Flyschreste aufzufinden. Leider ist dies nicht möglich, indem hier die Erosion alles bis auf das Neocom, und dies sogar in der Mulde, abgetragen hat. Wir haben aber dadurch noch einen weiteren Beweis, daß der östlich der Brüche von Bataille gelegene Landteil gleichsam einen Horst darstellt, an dem die Erosion ihre Tätigkeit entfalten konnte.

Die weiter nördlich gelegene Falte von la Tour findet ihre Fortsetzung in derjenigen von Botterens. Von den Bajocienschichten bei Fulet im Tale der Saane an verläuft die Falte in nord-östlicher Richtung weiter, bis sie an das Antiklinal des mittleren (und in der Tiefe auch unteren) Jura südlich Botterens sich anschließt, welches hier zu Tage tritt und mit dem sie in der Streichrichtung vollständig übereinstimmt. Besonders bedeutungsvoll ist es, daß wir, von den ältesten Schichten in der Ebene ausgehend, auf die ältesten im Montsalvens zu Tage streichenden stoßen, diese ferner ebenfalls ein Antiklinal bilden und nach O. hin allmählich von immer jüngeren Schichten bedeckt, oder wenigstens an den Seiten eingefasst werden, Verhältnisse, wie wir sie in genau derselben Form und Anordnung nur in entgegengesetzter Richtung, nämlich nach W. speziell an der Falte von la Tour beobachten.

Die Entblößung der ältesten, kernbildenden Schichten, im mittleren Teile des Faltenverlaufs, d. h. dort wo Saane und Trême fließen, beweist, daß zur Bildung der Niederung die Erosion aktiv mitgewirkt hat. Andererseits wird die Existenz von Brüchen durch die Tatsache festgestellt, daß auf

dem Verlaufe ein- und derselben Leitenlinie alte Juraschichten durch Flysch ersetzt werden können.

Die Niederung von Bulle erscheint uns demnach wie eine durch Erosion nachträglich abgehobelte Bruchversenkung. Für die nordwestliche Falte der Ebene endlich, die wir als diejenige von « les Auges » bezeichneten, müßen wir als Fortsetzung in der Berrakette unbedingt die Falte von Bifé in Betracht ziehen. Verlängern wir die Sattellinie der ersteren von les Auges gegen Contravaux und Morlon und darüber hinaus in der gleichen Richtung (Nord-Ost), so fällt diese dann mit dem Antiklinale von Bifé zusammen, das abermals die gleiche Richtung besitzt.

Wie bei den anderen Falten, so war auch hier nicht allein die Richtung, sondern vor allem das Antreffen gleicher Schichten zur definitiven Bestimmung des Anschlusses maßgebend. Andererseits mußte noch ein weiterer, sehr wichtiger Faktor in Betracht gezogen werden, nämlich der petrographische Charakter der Gesteine an den verschiedenen Stellen, und dieser hat denn auch die gemachten Voraussetzungen und Annahmen in vollem Umfange bestätigt.

Es zeigt sich somit, daß die in der Ebene von Bulle rekonstruierten drei Falten, hinsichtlich Facies, Streichrichtung und Fallen unbedingt als die Fortsetzung derjenigen im Montsalvens betrachtet werden müssen, wofür die angegebenen engen Beziehungen unzweideutigsten Beweis liefern. (Siehe Fig. 32. Vergl. auch die Karte im Anhang.)

B. Anschluß in der westlichen Richtung.

Um einen vollständigen Anschluß nach dieser Seite zu ermöglichen, ist die ganze Gegend höchst ungenügend aufgeschlossen, so daß, wenn er auch gefunden wird, dieser Anschluß immerhin noch als etwas locker aussehen wird. Das nächstliegende wäre, die Fortsetzung der Falten, wenigstens teilweise, in der Molésonkette zu suchen. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich jedoch bald und außerdem auch deutlich die Haltlosigkeit dieser Annahme: Wir finden in erster Linie in der Molésonkette ältere Formationen, nämlich

Lias und Trias, die in der Ebene von Bulle unbekannt sind. Es wäre dies zwar noch kein hinreichender Beweis dafür, daß diese beiden Gegenden nicht in direktem Zusammenhang gestanden hätten, wohl aber müßte man erwarten, daß bei der geringen Entfernung von einander Spuren von Trias und Lias auch in der Ebene hätten gefunden werden müssen, was aber durchaus nicht der Fall ist: Die ältesten hier auftretenden Schichten, sind wie bekannt, das Bajocien. Was

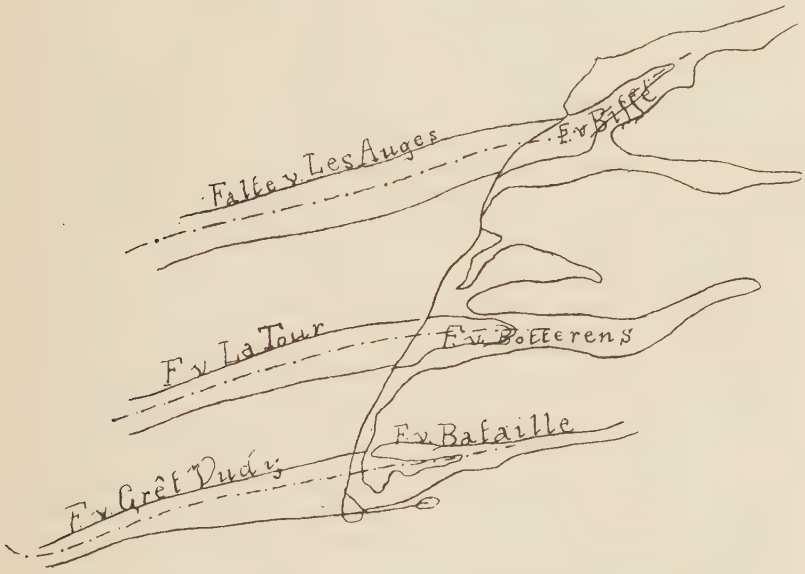

Fig. 32. Die Bezeichnung der Falten im Montsalvens und in der Ebene zur Erklärung des Anschlusses.

aber von ganz besonderer Wichtigkeit ist und wodurch die Unmöglichkeit dieser Verbindung vollständig klar zu Tage tritt, ist der geologische Bau des Moléson. Dieser besteht nämlich aus einer mächtigen Synklinale, dessen Lias- und Trias-Sockel nachgewiesener Weise über Gruyères, nach N-O in das Massiv der Dents de Broc ausläuft, während dem unsere Faltengruppe Ebene-Montsalvens vom bezüglichen Sockel unangetastet bleibt. Die Falte von Crêt Vudy soll also als der nördlichen Seite des Moléson entlang unabhängig strei-

chend angesehen werden, oder dann so, daß die Moléson-mulde gleichsam den südlichen Schenkel dieser Falte bildet. Von unserem Antiklinal selbst ist dann weiterhin nichts mehr zu beobachten, indem es unter den Flysch der Alpettes vollständig eintaucht.

Günstiger gestalten sich die Verhältnisse für die Falte von la Tour. Nordwestlich von « Les Alpettes », sowie westlich vom Niremont treten an verschiedenen Stellen Schichten zu Tage, die in Bezug auf ihre Facis durchaus keinen Unterschied mit denjenigen der Felsen von la Tour aufweisen. So erscheint zunächst bei Chergny (S. von Vaulruz) das Neocoom, weiter südlich bei Montalban treffen wir dann auch oberen Jura an, von dem besonders die Malmschichten hervortreten. Die Streichrichtung der Schichten ist anfangs N.O.-S.-W., geht allmählich in N.N.O.-S.S.W. und endlich in N.S. über, während das Einfallen bei allen fast S.O. ist. Verlängern wir nun die Streichrichtung des nördlichsten dieser Punkte, der allgemeinen Krümmung der umgebenden Leitlinien entsprechend, gegen N.O., so stoßen wir auf die Falte von « la Tour ». Wir müssen also in den Ausbissen von Chergny, la-Villette, Montalban u. s. w. die Fortsetzung derjenigen von la Tour erkennen, da erstens gleiche Facies anderer seits aber auch entsprechende Streich- und Fallrichtung der Schichten vorhanden sind und ferner bei Verbindung dieser verschiedenen Punkte zu einer zusammenhängenden Kette für die Sattellinie die allgemein vorherrschende Hauptrichtung (N.O.-S.W.) zu Tage tritt, welche allen umliegenden Ketten eigen ist.

Was die nördlichste Falte, « les Auges », anbelangt, so muß ich mich damit begnügen, eine Annahme zum Ausdruck zu bringen, welche, gestützt auf die allgemeine Richtung bei den anderen Falten, auch hier zweifellos wieder in Anwendung gebracht werden kann. Es liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß gerade diese Falte aus dem Rahmen des ganzen Gebietes hinausgehend, plötzlich eine von allen anderen Ketten abweichende Richtung einschlagen sollte, nach-

dem sie sich bisher den anderen vollständig angepaßt hat und sich in der Hauptsache von diesen durch nichts unterscheidet. Vielmehr müssen wir annehmen, daß auch diese Falte ihre Fortsetzung in südwestlicher Richtung besitzt, trotzdem von dieser Fortsetzung, an der mit glacialem Schutte bedeckten Oberfläche nicht die geringsten Anzeichen vorhanden sind.

Wir haben also auf diese Weise, genau wie nach Osten auch einen Anschluß resp. eine Fortsetzung der Falten der Ebene nach Westen erhalten, allerdings nicht so genau und auch nicht mit derselben Beweiskraft. Trotzdem es wohl kaum möglich ist, für diesen letzten Teil mehr Material und insbesondere Material, welches größere Sicherheit bietet, herbeizuschaffen, glaube ich doch, daß diese Lösung unter den gegenwärtigen Verhältnissen des Gebietes die einzig mögliche ist, und gebe ich mich der Hoffnung hin, sie werde früher oder später, wenn die Gegend mehr aufgeschlossen ist, ihre volle Bestätigung finden, besonders für die Stellen, wo ich mich begnügen mußte, mit Hilfe von Annahmen und Theorien zum Ziele zu gelangen.

VI. Kapitel.

Die Entstehungsweise der Niederung von Bulle.

Wir kennen jetzt die Ebene von Bulle sowohl hinsichtlich ihrer stratigraphischen Beschaffenheit als ihres tektonischen Baues. Ferner haben wir den Anschluß der Falten der Ebene, resp. die Fortsetzung derselben in den angrenzenden Gebirgsketten festgestellt und es bliebe nun noch die Frage zu beantworten: « Welche Umstände haben zur Bildung der Niederung beigetragen? »

Zu diesem Zwecke war es in erster Linie erforderlich einen ganz genauen Überblick über die Meereshöhen der einzelnen Klippen zu haben, sodann aber auch den Verlauf der Scheitellinien, in Bezug auf ihre Steigungsverhältnisse in Erfahrung zu bringen. Um hierbei zum Ziele zu gelangen, habe ich mich einer einfachen graphischen Methode bedient unter Zuhilfenahme der schweizerischen Stabskarte (im Maßstabe $^1/_{25000}$ mit Kurvenabstand von 10 m.), wodurch sich dann die Scheitelpunkte der einzelnen Falten ergaben, wenn auch nicht mit absolut genauen, so doch immerhin annähernden Höhenwerten. Die Art und Weise des Vorgehens ist folgende: « Nachdem die Stellen, an denen die Streich- und Fallrichtung der Schichten aufgenommen wurden, auf der Stabskarte genau eingetragen wurden, habe ich die horizontale Entfernung zweier solcher Punkte, welche ein und derselben Leitlinie in den gleichen Formationen angehören, aber entgegengesetzte Fallrichtung zeigen (z. B. Bajocien bei Fulet) nach einem jeweils den Größen-Verhältnissen entsprechenden Maßstab in einer besondern Skizze, auf einer horizontalen Linie aufgetragen, an den Endpunkten den Winkel unter dem die Schichten einfallen, angelegt und

dann die Kurve, welche die Schichtenköpfe harmonisch zum Grade der örtlich herrschenden Krümmung zu verbinden vermag, eingezeichnet. Die senkrechte Entfernung des Scheitelpunktes von der Horizoniallinie gibt dann in Metern die Meereshöhe der Leit- (Kamm- oder Fall) Linie. Anderseits erhalte ich aber auch durch das Fällen eines Lotes vom Scheitelpunkt die Form des Antiklinals, indem sich zeigt, nach welcher Himmelsrichtung die Scheitellinie in der Horizontalprojektion gelegen. Die betreffende Horizontale ist gleichzeitig die aus der Stabskarte entnommene Höhenlinie, welche ich dadurch festgestellt habe, daß ich die Streichrichtung auf dieser, an den festgelegten Punkten eintrug und diese Linie mit der nächst niederen Höhenlinie bis zum

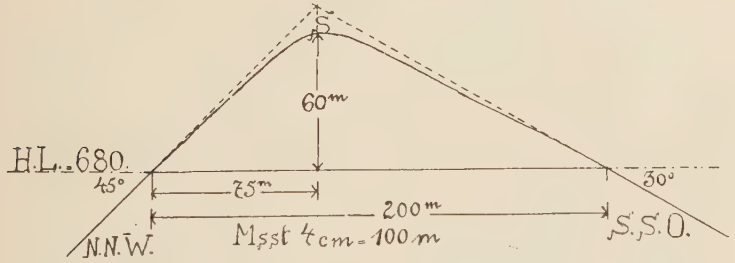

Fig. 33. Konstruktion des Scheitels resp. der Höhe der Scheitellinie für das Bajocien bei Fulet.

Schnittpunkte verlängerte. Nimmt man dann den horizontalen Abstand zwischen zwei derartigen Konstruktionen in der Längsrichtung einer Falte, so kann man daraus wiederum eine Kurve konstruieren, welche den Verlauf der Scheitellinie in ihren Höhenverhältnissen direkt angibt und aus welcher man die Steigung derselben ohne weiteres ablesen kann.

Zur praktischen Anwendung habe ich diese beschriebenen Konstruktionen an der Falte von la Tour gebracht und zwar an den Bajocienschichten bei Fulet, wo sich hierzu ganz besonders günstige Verhältnisse darbieten. Figur 33 zeigt die Konstruktion des Antiklinals an dieser Stelle und erhalte ich hier für das Bajocien eine Höhe des Scheitels von ungefähr 60 m.

Die Höhenlinie ist diejenige von 680 m., sodaß sich daraus eine Gesamthöhe des Scheitels von 740 m. ergibt. Das Terrain ist in dieser Gegend fast eben und man wird daher keinen großen Fehler in der Berechnung begehen, wenn man diese Konstruktion parallel zu sich selbst bis in die Nähe von les Esserts (rechtes Ufer der Saane) verschiebt, wo die Höhenlinie 680 wieder anzutreffen ist. Zur Ermitterung der Scheitelhöhe weiter östlich nach derselben Konstruktion diente mir als Grundlage die geologische Karte von Gilliéron [1]). Selbstverständlich ist die Konstruktion auf

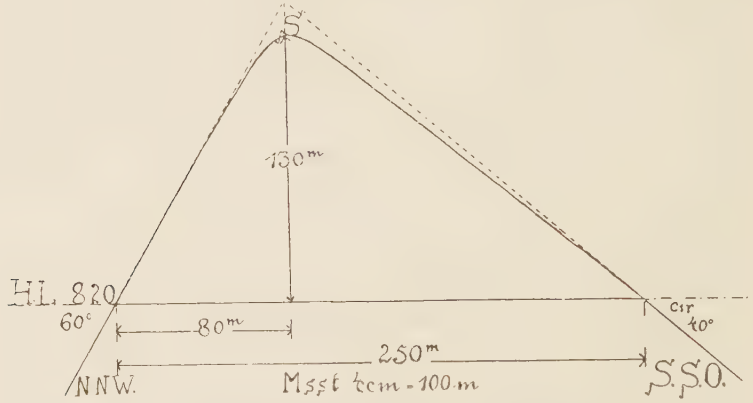

Fig. 34. Konstruktion der Scheitelhöhe für das Antiklinal von «La Tour» an der Grenze seines Überganges in das Massiv des Montsalvens.

der Fortsetzung des genannten Antiklinals und zwar an der Stelle unmittelbar bei seinem Eintritt in das Massiv des Montsalvens, unterhalb Botterens ausgeführt worden. Bevor ich mit der eigentlichen graphischen Berechnung beginnen konnte, war es nötig, vorher die Grenzlinie zweier benachbarter Teile derselben Formation, derselben Falte, in und außerhalb der Ebene festzulegen und auf die Stabskarte zu übertragen und zwar dies für die Scheitellinie sowie für die seitlichen Grenzlinie eines Ausbisses. Im Schnittpunkte dieser Linien wird dann die Streichrichtung der Schichten ein-

[1]) Gilliéron Op. cit., Carte géologique du massif du Montsalvens.

getragen und diese wiederum zum Schnitt mit der nächst niederen Höhenlinie gebracht, so daß sich dadurch die Mächtigkeit der dortigen Schichtgruppe indirekt ergibt. Im übrigen verläuft dann die weitere Konstruktion genau wie bei Figur 33. Für diese speziellen Punkte habe ich die Höhenlinie 820 ermittelt und daraus ergibt sich dann für den Scheitelpunkt eine Höhe von 130 m., (S. Fig. 34.) sodaß wir also eine gesamte Höhe von 950 m. erhalten. Der horizontal in der Längsrichtung gemessene Abstand dieser zwei Querschnitte gibt mir eine Entfernung von 800 m., auf welche eine Steigung, im absoluten Sinne gemessen, von 210 m. entfällt. Aus diesen gefundenen Zahlen und den bereits festgelegten der Höhenlinien läßt sich dann der Verlauf der Scheitellinie konstruieren. (S. Fig. 35.)

Wie bereits angedeutet wurde, können wir also den Querschnitt bei Fulet so auffassen, als wenn derselbe auf der Höhenlinie 680 bei les Esserts aufgenommen worden wäre. Die Linie a-c würde dann die Steigung der Scheitellinie anzeichen, welche bis zum Punkte d ganz allmählich verläuft. Von hier an verläuft sie dann auf eine Strecke von zirka 435 m. fast horizontal bis zum Punkte b, während hier plötzlich auf 50 m. horizontale Länge eine Steigung von 140 m. entfällt, also ein Winkel von mehr als 70° entsteht. Die Kurve aber muß doch unbedingt auf die ursprüngliche Steigungslinie a-c zurückkehren und dies ist der Fall bei Punkt c., dem Schnittpunkt der vertikalen Höhenlinie 740 m. mit a-c, woraus sich dann die angegebene Höhe ergibt, welche man sehr trefflich als Sprunghöhe bezeichnen könnte. Der weitere Verlauf ist dann bis Punkt c wieder ein allmählicher. Es bleibt für uns demnach nur die eine Möglichkeit übrig, zwischen den beiden Höhenlinien 730 und 740 irgendwelche Störung des Antiklinals anzunehmen, da doch ein solches Verhältnis von Längsausdehnung zu Steigung ohne Störung als kaum wahrscheinlich anzunehmen ist. Die Linie b-c würde uns den idealen Verlauf der Scheitellinie bezeichnen, aber nur für den Fall, daß Punkt a auf b fällt.

Da die topographischen Höhen-Differenzen zwischen

Ebene und Montsalvensgebirge auf dem Verlaufe der beiden anderen Falten analoge sind, dürften wir ohne weiteres die Rechnung als für die zwei anderen Gewölbe ebenfalls geschehen betrachten und ergibt es sich, daß längs dem Montsalvens. etwa in nord-südlicher Richtung streichend eine transversale Denivellationslinie (Kniefalte oder Verwerfung) vorhanden ist.

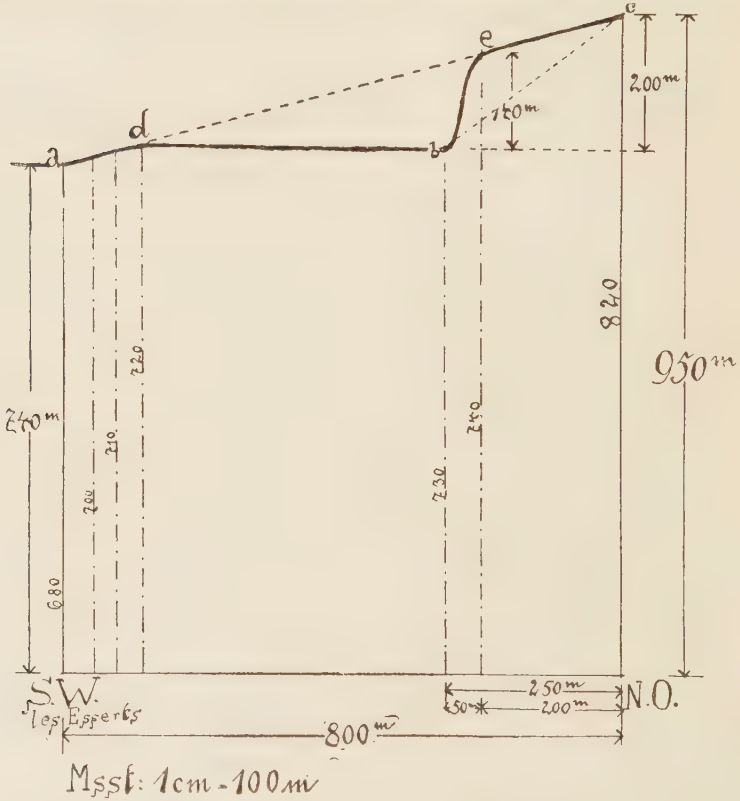

Fig. 35. Konstruktion der Scheitellinie mit Hilfe der Fig. 33 und 34.

an der der westlich davon gelegene Teil, also die Niederung einbrach. Die Möglichkeit einer theoretisch doch annehmbaren Flexur ist nach meiner Meinung deswegen ausgeschlossen, weil man unbedingt eine Schleppung der Schichten, d. h. einen Biegungsanfang derselben besonders an dem Hangenden beobachten müßte. Das findet aber nicht statt, dagegen

liefern die steilen Abhänge des Montsalvens bei Villars-Beney sowie die ihn nach Westen begrenzenden Trümmerhalden, in denen man zahlreiche Bruchstücke von Harnischflächen

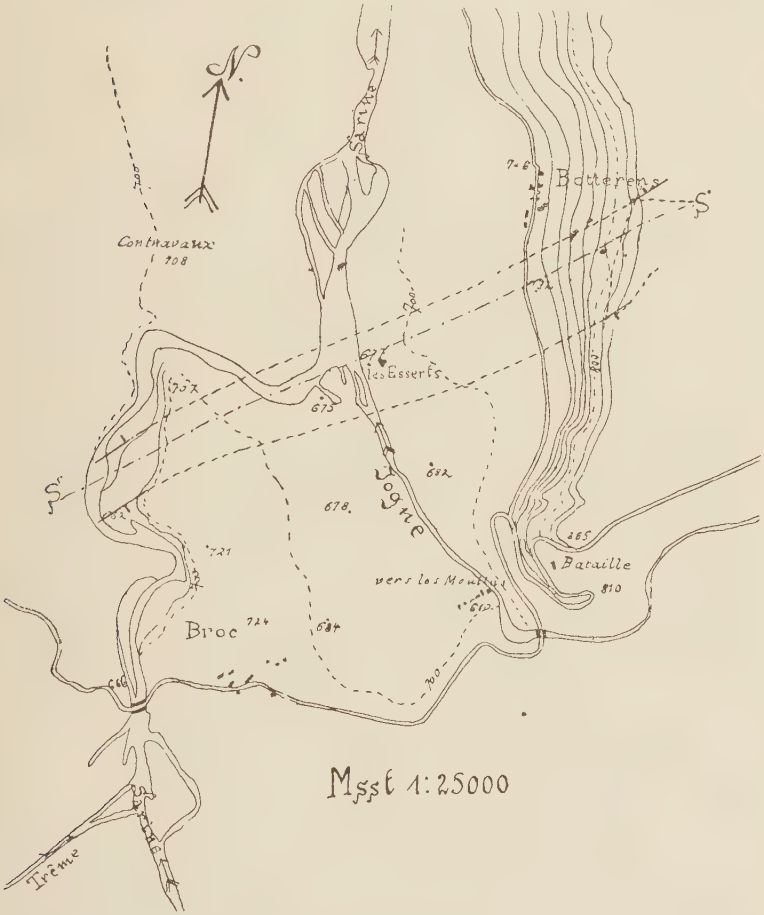

Fig. 36. Die zwei Scheitelkonstructionen im Grundriß mit eingezeichneter Satellinie des Antiklinals.
(Als Unterlage diente die Stabskarte 1 : 25000 Bl. N° 362).

findet, einen weiteren, untrüglichen Beweis für das Vorhandensein eines Bruches. Ferner erkennen wir aus Fig. 36 daß das Antiklinal ein schiefes ist, indem die Sattellinie in der Horizontalprojektion nach Norden zu dem Fußpunkte

der Falte näher gelegen ist als gegen Süden. In Figur 33 beträgt dieser Abstand 75 m., während er bei demzweiten Querprofil in Fig. 34 einen solchen von 80 m. erreicht.

Um einen weiteren Beweis für die aufgestellte Behauptung zu bekommen, habe ich dieselben Konstruktionen an der Falte von Crêt Vudy angewendet, indem ich einen ersten Querschnitt durch das Flyschantiklinal an der Saanebrücke bei Broc und einen anderen durch das gleiche Antiklinal bei Bataille legte. Es hat sich dann auf eine horizontale Entfernung von 150 m. eine absolute Steigung von 290 m. ergeben, somit ein Neigungswinkel von etwa 60°. Von einer Flexur ist auch hier absolut nichts zu beobachten, weder auf der einen noch auf der andern Seite und müssen wir somit einen Bruch annehmen, was eine Bestätigung der aus der ersten Konstruktion gezogenen Folgerung ist. Gilliéron äußert in seinem Werke, allerdings nur vorübergehend, daß man gezwungen sei an dieser Stelle einen, vielleicht auch zwei Brüche anzunehmen und bei der Gewissenhaftigkeit dieses ausgezeichneten Forschers, dürfte diese seine Meinung als ein weiterer Beweis der unserigen, wenn auch nur indirekt aufzufassen sein.

Weniger gut geeignet für den Zweck dieses Kapitels sind die tektonischen Verhältnisse gegen Westen, insbesondere deswegen, weil die beiden Schenkel des Antiklinals von la Tour, für welches ein relativer Anschluß nach dieser Seite festgelegt wurde, sich der direkten Beobachtung nicht darbieten, sodaß eine Konstruktion für die Höhe des Scheitelpunktes unmöglich, oder doch mindestens vollständig unsicher ist. Das Gleiche ist der Fall bei la Villette und bei Montalban, wo ebenfalls nur ein Schenkel des Antiklinals zu Tage tritt. Bei einem genauen Studium der Stabskarte erkennen wir aber sofort, daß auch hier ziemlich große Höhendifferenzen vorliegen, die, wenn man die Scheitellinie konstruieren könnte, sich jedenfalls noch bedeutend vergrößern würden. Wir dürfen daher sicherlich auch hier einen Randbruch annehmen, der etwa in nord-südlicher Richtung streichen würde, ohne dabei gehen die Wirklichkeit einen großen Fehltritt zu wagen.

VII. Kapitel.

Allgemeine Schlußfolgerung.

Das Endresultat vorangegangener Studie scheint uns folgendes zu sein: Unterhalb Enney, wo die bisher talbildende Mulde der Haute-Gruyêre plötzlich nach NO umbiegt und sich bis zu den Höhen des Col de la Forclaz (zwischen Dent de Broc und Dt. du Chamois) erhebt, weigert sich die Saane ihr weiter zu folgen. Seine ursprüngliche Richtung beibehaltend springt der Fluß aus dieser Rinne, durchsägt klusenartig das Gewölbe der Dt. de Broc und stürzt in die Niederung von Bulle. Diese ist in ihrer gegenwärtigen Beschaffenheit ein Senkungsgebiet, ein sog. « Kesseleinbruch. » Neben den Randbrüchen lassen sich noch andere, transversal gerichtete Querbrücke wahrnehmen, und vielleicht gibt es deren weit mehr als jetzt sichtbar sind. Ein solcher Grabenbruch ist es wahrscheinlich, dem die Saane bei ihrem Ausfließen aus der Niederung zwischen Morlon und Villarsbeney folgt.

Was nun der erste Anlaß zur Senkung war, ist uns unbekannt: Haben wir es mit einem Kesselbruche, im gewöhnlichen Sinne, d. h. mit einem « Sinken auf weichender Unterlage. » zu thun — oder fand die Überschiebungsplatte *Semsales-Montsalvens* in ihrem Substratum, hier, einen fertigen Erosionsgraben in den sie, den seitlichen Zusammenhang lösend, sinken mußte? Das bleibt, wie der Bergmann spricht, Geheimnis der ewigen Teufe.

Zur endgültigen Modelierung des gesamten Gebietes hat dann nachträglich die Erosion, hauptsächlich durch Saane und Trême, heftig mitgewirkt.

Curriculum vitae.

Als Sohn des Lokomotivführers Gustav Engelke und seiner Ehefrau Auguste (†) geb. Wallich, am 3. Mai 1880 zu Zwickau, Königreich Sachsen, geboren, evangl.-luth. erzogen, erhielt ich meine erste Schulbildung an der Bürgerschule daselbst, später an der Höheren Handelslehranstalt zu Chemnitz. Im April 1899 begann ich meine Hochschulstudien an der Technischen Hochschule zu Darmstadt, die ich von Ostern 1900 bis dahin 1903 an der Technischen Hochschule Karlsruhe fortsetzte.

Seit April 1903 studierte ich an der Universität Freiburg in der Schweiz, wo ich vorzugsweise die Vorlesungen und Übungen der Herren Prof. Dr. de Girard, Prof. Dr. Baumhauer und Prof. Dr. Bistrzycki besucht habe. Am 24. Juli 1905 bestand ich die mündliche Doktorprüfung daselbst.

Ich hörte noch die Vorlesungen der Herren Professoren: Dr. Staedel, Dr. Zeißig, Mar, Dr. Scheffers, Dr. Graefe, Varnesi, Dr. Harnack, Dr. Dingeldey, Dr. Löbell, Dr. Henneberg, Dr. Schaefer, Dr. Warth Doerr, Dr. Troeltsch, Dr. Fufferer, Länger, Dr. Schur, Dr. Rosenberg, Dr. v. Oechelhäuser, Dr. Süpfle, Dr. Durm, Schäfer, in Darmstadt und Karlsruhe.

Allen meinen hochverehrten Lehrern sei mir gestattet auch an dieser Stelle meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen.

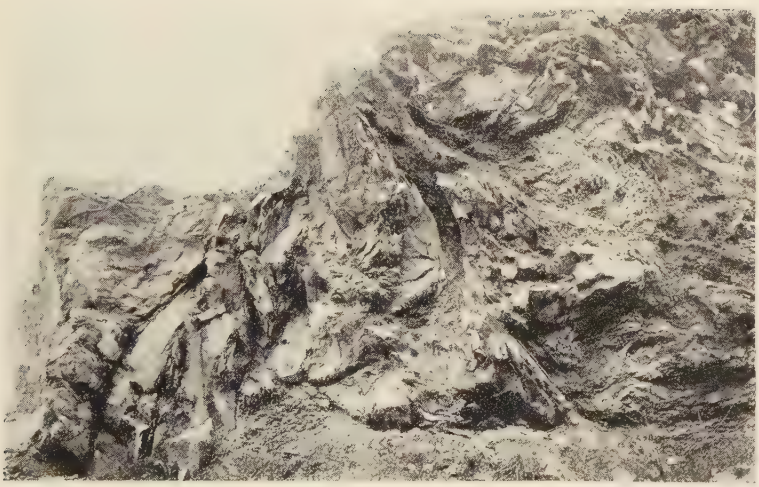

Fig. 11. Flyschklippe links der Straße la Tour-Broc, an der Sarinebrücke vor Broc. (Gegenwärtig vollständig abgebrochen. Originalphotographie).

Fig. 17. Die Malmschichten am nördlichen Teil des Felsens, westlich Tour de Trême.

Fig. 18. Süd-östlicher Teil des Felsens, westlich Tour de Trême.
(Zum größten Teil jetzt abgebrochen.)

Fig. 19. Südlicher Teil des Felsen von »la Tour« mit den Malmschichten bei Punkt a. (Originalphotographie.)

Fig. 30. Nördlicher Teil des Felsen von «la Tour». Ausbiß der Oxfordschichten. (Originalphotographie.)

Fig. 23. Das Neocom am südlichen Teile des Felsens « östlich Tour de Trême ». (Originalphotographie.)

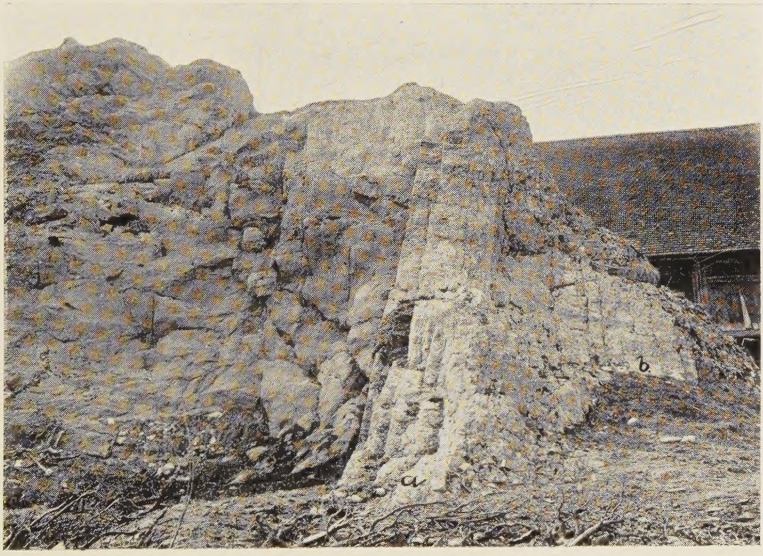

Fig. 24. Das an der Nordseite des Felsens « östlich Tour de Trême » zu Tage streichende Oxfordien. (Originalphotographie.)